



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

NIES



55 9













**H a n d b u c h**  
der  
**W a s s e r b a u k u n s t**

VON

**Dr. G. Hagen,**

Gehelmem Ober-Baurath und Mitglied der Academie der Wissenschaften  
in Berlin.



**Zweiter Theil:**

**Die Ströme und Kanäle.**

Dritter Band mit 21 Kupfertafeln in Folio.

---

**Königsberg in Preussen**  
bei den Gebrüdern Bornträger.  
1852.



WYBY  
WYBY  
WYBY

# Inhalts-Verzeichniss

## vom dritten Bande des zweiten Theiles.

---

<b>Abschnitt XV. Uferschälungen . . . . .</b>	<b>Seite 1</b>
§. 100. Anordnung der Schiffschleusen . . . . .	3
§. 101. Die Schleusenkammern . . . . .	26
§. 102. Die Schleusenhäupter . . . . .	46
§. 103. Anordnung der Schleusenthore . . . . .	89
§. 104. Hölzerne Schleusenthore . . . . .	103
§. 105. Eiserne Schleusenthore . . . . .	128
§. 106. Befestigung der Schleusenthore . . . . .	143
§. 107. Unterstützung der Schleusenthore . . . . .	174
§. 108. Oeffnen und Schliessen der Thore . . . . .	199
§. 109. Füllen und Leeren der Schleusen . . . . .	221
§. 110. Nebentheile der Schleusen . . . . .	264
 <b>Abschnitt XVI. Eigenthümliche Schiffschleusen . . . . .</b>	 <b>281</b>
§. 111. Schiffschleusen mit Spülthoren . . . . .	283
§. 112. Schiffschleusen mit Seitenbassins . . . . .	317
§. 113. Schiffschleusen mit beweglichen Kammern . . . . .	341
§. 114. Geneigte Ebenen . . . . .	357
 <b>Abschnitt XVII. Schiffahrts-Kanäle . . . . .</b>	 <b>385</b>
§. 115. Kanäle im Auslande . . . . .	387
§. 116. Kanäle in Deutschland . . . . .	413
§. 117. Vergleichung der Kanäle mit Eisenbahnen . . . . .	447
§. 118. Allgemeine Anordnung der Kanäle . . . . .	455
§. 119. Wasserbedarf der Kanäle . . . . .	473

§. 120.	Wahl der Kanallinien . . . . .	Seite
§. 121.	Queerprofile der Kanäle . . . . .	„
§. 122.	Speisung und Entlastung der Kanäle . . . . .	„
§. 123.	Speise-Bassins . . . . .	„
§. 124.	Erdarbeiten . . . . .	„
§. 125.	Einschnitte und Dammschüttungen . . . . .	„
§. 126.	Dichtung der Kanäle . . . . .	„
§. 127.	Unterirdische Kanalstrecken . . . . .	„
§. 128.	Durchlässe und Brücken-Kanäle . . . . .	„
<b>Abschnitt XVIII. Eindeichungen . . . . .</b>		„
§. 129.	Anordnung der Deiche . . . . .	„
§. 130.	Entwässerungen. . . . .	„
§. 131.	Unterhaltung der Deiche . . . . .	„

## **Funfzehnter Abschnitt.**

### **S c h i f f s s c h l e u s e n .**

---





## §. 100.

### Anordnung der Schiffsschleusen.

Die Einrichtung und Wirksamkeit der Schiffsschleusen oder Kammereschleusen ist schon oben (§. 96) im Allgemeinen angedeutet. Sie dienen zur schiffbaren Verbindung zweier neben einander liegender Wasserflächen von verschiedener Höhe. Vor den oben beschriebenen Schiffsdurchlässen und Stauschleusen, die denselben Zweck haben, zeichnen sie sich dadurch aus, dass weder das Schiff den Wassersturz passiren, noch auch das Oberwasser gesenkt werden darf. Der Spiegel des Oberwassers bleibt vielmehr beim Durchgange des Schiffes beinahe ganz unverändert, und letzteres wird sanft gehoben oder gesenkt, indem es stets auf einer Wasserfläche schwimmt, die sehr nahe horizontal ist.

Zwischen dem Ober- und Unterwasser befindet sich ein Bassin, dessen Ausdehnung der Grösse der Schiffe entspricht, und welches man die Kammer nennt. Dasselbe steht sowohl mit dem Oberwasser, als mit dem Unterwasser in Verbindung, kann aber durch bewegliche Stau-Vorrichtungen von beiden getrennt werden. Das Schiff fährt von einer Seite in die Kammer hinein, und während es sich darin befindet, schliesst man zunächst die Oeffnung, welche den Eingang bildete, und stellt alsdann die Verbindung zwischen dem Wasser auf der andern Seite und der Kammer dar. In dieser hebt oder senkt sich nunmehr der Wasserspiegel und mit demselben zugleich das Schiff, bis die Niveaudifferenz auf derjenigen Seite aufgehoben ist, wohin das Schiff fahren soll. Wenn daher endlich hier die Oeffnung frei gemacht wird, so kann das Schiff seinen Weg fortsetzen, indem das Gefälle des Wehrs bereits überwunden ist.

Die Erfindung der Schiffsschleusen gehört zu den wichtigsten und sinnreichsten, die im Gebiete des Wasserbaues

jemals gemacht sind, und es dürfte daher nicht unpassend sein, über die Zeit und den Ort, wo Kammerschleusen zuerst angewendet wurden, einige historische Mittheilungen zu machen. Die Dunkelheiten, auf welche man fast jedesmal stösst, wenn man den Ursprung wichtiger Erfindungen aufsucht, sind im vorliegenden Falle noch bedeutender, da die Stauschleusen, die man ohne Zweifel schon früher kannte, und die auch gewiss zur Erfindung der Kammerschleusen die nächste Veranlassung gaben, mit demselben Namen, wie diese bezeichnet wurden. Es scheint sogar, dass manche Schriftsteller Freiarchen und vielleicht auch Wehre mit den eigentlichen Schiffsschleusen verwechselt haben.

Hiernach verdient die Vermuthung, dass Schiffsschleusen in Aegypten und China weit früher, als in Europa bekannt gewesen, keine weitere Berücksichtigung. In Bezug auf China theilt Woltman in der Einleitung zur Baukunst schiffbarer Kanäle eine Beschreibung der dortigen Schleusen aus dem siebenzehnten Jahrhundert mit, woraus sich deutlich ergibt, dass dieselben nichts anders als Schiffsdurchlässe waren. Die beiden Länder, welche die Erfindung der eigentlichen Kammerschleusen in Anspruch nehmen, sind Holland und Italien.

Bélibor sagt \*), der berühmte Holländische Ingenieur Simon Stevin sei der Erste gewesen, der über Schiffsschleusen und zwar im Jahre 1618 geschrieben habe, da er aber den Gegenstand als ganz neu dargestellt, so müsse man annehmen, dass die Erfindung erst kurze Zeit vorher gemacht worden sei. Diese Schlussfolge ist indessen nicht überzeugend, denn es wäre noch der Fall denkbar, dass die Erfindung schon viel früher gemacht, jedoch erst in jener Zeit in Holland bekannt geworden. Wiebeking behauptet dagegen, dass Kammerschleusen schon viel früher in Holland üblich waren. Nach ihm hat bereits Wilhelm II. im Jahre 1253 die Genehmigung zum Bau einer solchen Schleuse bei Spaarndam ertheilt, und selbst 1220 sollen schon Schleusen bei Amsterdam existirt haben \*\*). In dem Vorberichte der 1802 herausgegebenen Beiträge zur Baukunst schiffbarer Kanäle, widerlegt Woltman schon die letzte Ansicht, indem er, wohl mit vollem Rechte sagt,

\*) *Architecture hydraulique, II Partie, Livre I. Chap. III.*

\*\*) Allgemeine Wasserbaukunst, zweite Auflage II. Seite 645.

dass dabei ein Irrthum zum Grunde liegt, und Entwässerungsschleusen mit Kammerschleusen verwechselt sind.

Andererseits hat man, vorzugsweise auf Frisi's<sup>\*)</sup> Aeusserung gestützt, angenommen, dass die erste Schiffsschleuse im Jahre 1481 an der Brenta in der Nähe von Padua erbaut sei. Frisi hat diese Nachricht, wie er selbst sagt, aus Zendrini's Werk entnommen, und Letzterer äussert sich hierüber in folgender Art<sup>\*\*)</sup>:

„Da der Erfinder der Kammerschleusen sich ein so grosses Verdienst um die menschliche Gesellschaft erworben hat, so habe ich mir viele Mühe gegeben, seinen Namen zu entdecken, und die Zeit zu ermitteln, in welcher diese wichtige Erfindung gemacht ist. Meine Mühe würde indessen fruchtlos geblieben sein, wenn ich nicht in einem Privat-Archive eine Nachricht gefunden hätte, die hierüber einiges Licht verbreitete. Ich fand nämlich, dass zwei Brüder Dionisio und Pietro Domenico aus Viterbo, Ingenieure im Venezianischen Staate, am 3. September 1481 von der Familie Contarini ein Grundstück bei Bastia di Strà unfern Padova ankauften, um daselbst in dem Piovego, oder dem Kanale, der von Padova kommt, einen Stau anzulegen. In einem Schreiben von demselben Jahre, worin die genannten Brüder sich Uhrmacher nennen, sagen sie, sie wollten ihre Anlage so einrichten, dass die Schiffe und Nachen das Wehr bei Strà ohne Gefahr überfahren könnten: das Wasser sollte mit Leichtigkeit abgelassen werden, und man würde weder genöthigt sein, die Schiffe zu entladen, noch auch sie herauf zu ziehen. Sie stellten dabei die Bedingung, dass die Erfindung ihr Eigenthum bleiben solle, und sie behielten sich vor, noch Verbesserungen daran anzubringen.“

Diese Mittheilung Zendrini's ist in der Hauptsache treu wiedergegeben, es fehlen darin nur einige Zusätze, die nicht hierher gehören. Die Beschreibung passt indessen meines Erachtens eben so gut auf eine Stauschleuse, wie auf eine Kammer-

<sup>\*)</sup> *Del Canalt navigabil. Milano 1770.* — Abgedruckt in den *Raccolta d'autori Italiani che trattano del moto dell' acque. Vol. VI.*

<sup>\*\*)</sup> *Leggi e fenomeni, regolazioni ed usi delle acque correnti. Ravenna 1731. Cap. XII. §. 9.* — Abgedruckt in der eben citirten *Raccolta Vol. VIII.*

schleuse, obwohl hier ohne Zweifel von einer Anlage die Rede ist, die wenigstens in dortiger Gegend bisher unbekannt war.

Viel wichtiger ist eine Thatsache, die Simone Stratico in einer historischen Untersuchung über die Erfindung der Schleusen mittheilt \*). Leone Battista Alberti beschreibt nämlich im 10ten Buche Cap. 12 seines Werkes *De re aedificatoria* die Kammerschleusen so genau, dass jeder Zweifel darüber verschwindet, ob wirklich eine Kammerschleuse gemeint sei. Alberti überreichte aber nach einer Mittheilung in der Fortsetzung der Eusebianischen Chronik schon im Jahre 1452 dieses Buch dem Papste Nicolaus V. Die Stelle lautet (in wörtlicher Uebersetzung):

„Man muss doppelte Verschlüsse machen, indem man den Strom „an zwei Stellen sperrt, so dass der Zwischenraum das Schiff „nach der Länge aufnehmen kann. Soll das Schiff herauf- „gehen, so wird der untere Verschluss, nachdem es hinein- „gefahren ist, gesperrt und der obere geöffnet; soll es aber „herabgehen, so wird im Gegentheile der obere geschlossen und „der untere geöffnet. Auf diese Weise wird das Schiff parallel „zu dem fließenden Wasser in sanfter Strömung herausfahren.“

Lecchi will in der Lebensbeschreibung des Filippo Maria Visconti den Beweis finden, dass schon ums Jahr 1420 die Schleusen bekannt waren. Die Stelle ist indessen nicht klar, obwohl darin ohne Zweifel von der Ueberwindung starker Gefälle die Rede ist. Die Erwähnung der mechanischen Hilfsmittel zum Herüberschaffen der Schiffe macht es sogar wahrscheinlich, dass Schiffsdurchlässe oder vielleicht Rollbrücken gemeint sind.

Ich gehe nach dieser kurzen geschichtlichen Darstellung zur Beschreibung der Kammerschleuse über. Man unterscheidet in einer Kammerschleuse drei Haupttheile, nämlich die beiden Stauvorrichtungen, von denen eine gegen das Oberwasser, und die andere gegen das Unterwasser gekehrt ist, und den mittlern Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gehoben oder gesenkt werden. Jene nennt man die beiden Häupter, und

---

\*) Nuova Raccolta d'autori Italiani che trattano del Moto dell' Acque. Tomo IV. Bologna 1824. Pag. 553. Das Original befindet sich in den Memorie dell' Imperiale Regio Istituto del Regno Lombardo Veneto Tom. II. Milano 1821.



zwar dasjenige, welches sich am Oberwasser befindet, das Oberhaupt, und das gegenüberstehende das Unterhaupt. Der mittlere Raum heisst die Kammer.

Die Häupter erhalten Oeffnungen von solcher Weite und Tiefe, dass die grössten Schiffe, die durchgehen sollen, kein Hinderniss finden. Die Weite der Oeffnung ist gemeinhin zu gross, als dass man sie durch ein Schütz, wie die Oeffnung einer Freiarche, noch bequem schliessen kann. Ausserdem würde dabei aber auch der Uebelstand eintreten, dass das Schütz, welches über der Oeffnung schwebt, das Durchgehen der Schiffe mit Masten oder hohen Ladungen verhinderte. Von den Dammbalken kann man bei Schiffsschleusen auch keinen Gebrauch machen, insofern das Einlegen und Ausheben derselben zu mühsam und zeitraubend ist. Man schliesst daher die Oeffnungen in den Schleusenhäuptern durch Thore, die sich gewöhnlich um vertikale Axen drehen, und zwar wendet man in den meisten Fällen zwei gegenüberstehende Thore an, die sich, wenn sie geschlossen sind, gegen einander stemmen. Man nennt sie alsdann Stemmithore. Nur selten und zwar wenn die Oeffnungen geringe Weite haben, schliesst man sie durch einzelne Thore, die zuweilen auch um horizontale Axen gedreht, und beim Oeffnen flach auf den Boden gelegt werden.

Die Dimensionen der Kammer müssen den grössten Fahrzeugen, welche die Schleuse benutzen sollen, entsprechen, und ausserdem noch einigen Spielraum lassen, damit eine freie Bewegung möglich bleibt und kein Klemmen gegen die Seitenwände eintritt. Dabei entsteht indessen die Frage, ob man die Kammer nur für ein Schiff, oder zwei, oder vielleicht für noch mehrere einrichten soll. Die Schleusen, in welchen zwei Schiffe Platz finden, nennt man Doppelschleusen, und Kesselschleusen heissen diejenigen, in welche mehr als zwei Schiffe gleichzeitig aufgenommen werden können. In Deutschland waren die Doppelschleusen in früherer Zeit nicht ungewöhnlich. In den Kanälen, welche die Verbindung zwischen der Havel und Oder darstellen, und sie auch noch allgemein üblich, hauptsächlich werden sie aber wohl nur deshalb bei jedem Neubau beibehalten, weil man einen Nachtheil für den lebhaften Schiffahrtsbetrieb besorgt, wenn zwischen den übrigen Doppelschleusen eine einfache liegen sollte. In dem seit einigen Jahren eingegangenen Max-Clemens-Kanale,



der sich von Münster aus, etwa 4½ Meilen in der Richtung nach Nordhorn erstreckte, ohne jedoch weder diese Stadt noch irgend einen andern Ort zu erreichen oder zu berühren, befand sich eine sehr grosse Schleuse, die steinerne Schleuse genannt, welche sieben der dort üblichen Schiffe fassen konnte, während die ganze Anzahl der Kanalschiffe nicht mehr als fünf betrug, und wahrscheinlich niemals grösser gewesen ist. In England und Frankreich kommen, mit einzelnen Ausnahmen aus früherer Zeit, keine Doppelschleusen vor.

Insofern die Doppelschleusen, wegen ihrer grössern Länge oder Breite, jedenfalls in der Anlage und Unterhaltung theurer, als die einfachen sind, so muss man wohl fragen, aus welchem Grunde man sie hin und wieder gewählt hat. Wenn man auf die Erleichterung der Arbeit beim Ziehen der Schütze und Öffnen der Thore nicht Rücksicht nimmt, die in der That wenig in Betracht kommen kann, so würde ein Vortheil nur in Bezug auf Zeitgewinn und Verminderung des Wasser-Bedarfs zu suchen sein. Derselbe stellt sich aber nur insofern heraus, als die Grundfläche der Kammer etwas kleiner ist, als das doppelte einer einfachen Schleuse. Dieses ist in der That der Fall; denn eine einfache Schleuse muss den Dimensionen der grössten Schiffe entsprechen, bei der Doppelschleuse aber darf ohne Nachtheil angenommen werden, dass es nicht notwendig sei, zwei der grössten Schiffe gleichzeitig durchzuschleusen, vielmehr neben einem grössern jedesmal ein kleineres befördert werden könne. Dieser geringe Vortheil verschwindet aber, wenn man bedenkt, dass nicht immer zwei Schiffe zusammen vor der Schleuse ankommen, und sonst ein einzelnes entweder die Ankunft des zweiten abwarten, oder allein durchgeschleust werden muss. Im letzten Falle ist der Zeitaufwand zum Füllen oder Entleeren der Kammer, so wie auch der Wasserbedarf viel grösser, als bei einer einfachen Schleuse, und der Nachtheil in Bezug auf Zeitverlust ist noch grösser, wenn ein Schiff nicht sogleich durchgeschleust wird. Soviel ich weiss, gilt in allen Fällen, wo ein freier Verkehr stattfindet, und Doppelschleusen vorkommen, die Regel, dass ein einzelnes Schiff die Ankunft eines zweiten abwarten muss, oder wenigstens nicht früher allein durchgeschleust werden darf, bis es eine gewisse Anzahl von Stunden gewartet hat. Ob indessen eine solche Vorschrift

wirklich immer beachtet wird, ist gewiss sehr schwer zu controliren, und hierin dürfte ein neuer Grund liegen, keine Doppelschleusen zu erbauen.

Bei der Anordnung von Doppelschleusen entsteht die Frage, in welcher Weise man die erforderliche Vergrösserung der Kammer darstellen soll. Es bieten sich hierzu zwei verschiedene Mittel dar, nämlich entweder die Verlängerung oder die Verbreitung der Kammer. Im ersten Falle wird der Bau sehr vertheuert durch die grosse Länge der Kammerwände. Man wählt daher gemeinhin das zweite Mittel oder die Verbreitung, und zwar wird dieselbe gewöhnlich gleichmässig auf beide Seiten vertheilt, so dass der Grundriss der Schleuse ganz symmetrisch erscheint, wie Fig. 256 a auf Taf. LVII zeigt. Dieselbe Figur deutet indessen auch den Nachtheil an, den diese Anordnung zur Folge hat. Die Breite der Schleuse muss nämlich beträchtlich grösser sein, als die der beiden Schiffe, die zugleich darin Platz finden sollen, weil das zweite Schiff beim Einfahren, und eben so auch das erste beim Ausfahren eine schräge Stellung annehmen muss. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, die Kammer wenigstens um den achten Theil breiter zu machen, als die neben einander liegenden Schiffe mit Rücksicht auf den in allen Fällen erforderlichen Spielraum zusammen breit sind. Diese grössere Breite vermehrt aber nicht nur die Anlagekosten, sondern verursacht auch bei jeder Füllung oder Leerung der Kammer eine verstärkte Wasser-Konsumtion, und in Folge derselben auch einen entsprechenden Zeitverlust.

Aus diesen Gründen hat man versucht die Kammer nur an einer Seite zu verbreiten, Fig. 256 b. Die Schiffe dürfen alsdann keine schräge Stellung annehmen, und der erwähnte Zusatz in der Breite der Kammer wird entbehrlich. Bei dieser Anordnung tritt indessen ein Uebelstand ein, der bei freiem Verkehr (d. h. wenn der Eigenthümer des Kanals nicht zugleich Eigenthümer aller darauf fahrenden Schiffe ist) sehr störend wird. Dasjenige Schiff, welches zuerst in die Schleuse bineinfährt, bleibt nämlich am längsten darin, und das andere Schiff, welches vielleicht viel später angekommen ist, kann und muss sogar zuerst aus der Schleuse herausfahren. Um die Streitigkeiten zu vermeiden, welche aus diesem Grunde zwischen den Schiffen zu entstehen pflegen, versetzt man die Häupter der Schleuse, wie Fig. 256 c zeigt. Das-

jenige Schiff, welches zuerst hineinfährt, wird sogleich seitwärts geschoben und dadurch vor die Oefnung gebracht, durch welche es herausfährt: es verlässt sonach zuerst die Schleuse.

Bei Gelegenheit der Doppelschleusen wäre auch noch einer andern Anordnung zu erwähnen, wobei die Breite der Schleuse nur der Breite des grössten Schiffes entspricht, aber mit zwei Unterhäuptern versehen ist. Das letzte derselben ist so weit vom Oberhaupte entfernt, dass ein Schiff der grössten Art zwischen beiden Platz findet, dagegen befindet sich das zweite Unterhaupt etwas näher am Oberhaupte, und schliesst sonach eine kürzere Kammer ab, die zum Durchschleusen kleinerer Schiffe benutzt wird. In Holland findet man einige Schleusen von dieser Einrichtung. Dasselbst sieht man auch zuweilen, wie z. B. an den Ringlingen des Nord-Holländischen Kanals zwei Schleusen von verschiedenen Dimensionen neben einander liegen, von denen die kleinere für den gewöhnlichen Verkehr bestimmt ist, die grössere aber nur den Schiffen der Kriegsmarine und den grössten Handelschiffen geöffnet wird. Die Erbauungskosten werden bei dieser Anordnung ohne Zweifel ausserordentlich erhöht, aber anderseits ist der dabei erreichte Vortheil nicht in Abrede zu stellen. Dieser besteht darin, dass beim gewöhnlichen Verkehr die Durchschleusen beschleunigt und erleichtert, und die Wasserschiffe vermieden werden, welche beim jedesmaligen Entleeren der Schleuse aus dem Obwasser in das Unterwasser fliessen. Der letztere Umstand ist wegen der sehr eigenthümlichen Lokal-Verhältnisse des Nord-Holländischen Kanals besonders wichtig. Wasserschiffe sind nämlich hier verhältnissmässig selten, da der Kanal an beiden Enden in die See mündet, und zwar wird aber eben deshalb fehlt es an jeder Art künstlicher oder natürlicher Entwässerung, und in Folge dessen ist die Wassersucht durchschnitten, welche nur durch die künstliche Entwässerung beseitigt werden kann. Diese Wasserschiffe sind aber sehr gross, und man muss die zur Aufnahme derselben bestimmten Schleusen von bedeutender und sehr kleinen Dimensionen ausstellen.

Indem im Vorstehenden die Beschaffenheit angedeutet sind, so kann die Dimensionen der Schleusen im Allgemeinen ab-

hängen, ist es nöthig, die einzelnen Theile und deren Zweck und Anordnung zu bezeichnen. Ich wähle hierbei eine massive und zwar eine einfache Schleuse. Fig. 257 stellt dieselbe dar, nämlich *a* im Grundrisse und *b* im Längendurchschnitt durch die Ase der Schleuse, wobei der mittlere Theil der Kammer, der nichts Bemerkenswerthes enthält, ausgelassen ist.

Aus dem Längenprofile ersieht man, dass der Boden der Schleuse nicht durchweg gleiche Höhe hat, sondern sich theils der Sohle des Ober-Kanals und theils der des Unter-Kanals anschliesst. Der höhere Boden, den man Ober-Boden nennt, befindet sich im Oberhaupt, wogegen der Unter-Boden sich durch die ganze Kammer und das Unterhaupt erstreckt. Zwischen beiden liegt noch der Abfall-Boden (8), der jedoch, wenn er lathrecht ansteigt, wie oft geschieht, im Grundrisse nicht sichtbar sein würde.

In jedem der beiden Häupter unterscheidet man die Thorkammern (2 und 11), worin die Thore sich bewegen. Oberhalb der Thorkammerböden liegen die Vorböden (1 und 10), und unterhalb derselben die Hinterböden (7 und 16). Die Vorböden nebst den dazu gehörigen Mauern oder Seitenwänden haben nur die Anbringung der Dammfalze zum Zweck, damit man bei vorkommenden Reparaturen einzelne Schleusentheile durch Einlegen von Dambalken wasserdicht abschliessen kann. Die Hinterböden dienen nicht nur zu demselben Zwecke, sondern verstärken zugleich die Schwellen (6 und 14), wogegen die Thore sich lehnen, wenn sie geschlossen sind. Diese Schwellen nennt man Drempeel oder Schlagschwellen. Sie müssen offenbar über die Thorkammerböden vorragen, damit die Thore sich dagegen lehnen können, ohne jene zu berühren. Der Abfall-Boden (8) bildet den Uebergang vom Ober-Boden zum Boden der Schleusen-Kammer. Er ist sehr verschiedenartig gestaltet, bald mehr, bald weniger steil, und erscheint im Grundrisse bald gerade und bald gekrümmt.

Das Oberhaupt erstreckt sich über den Vorboden, die Thorkammer-, Hinter- und Abfallboden fort, soweit die in der Figur angedeutete Verstärkung der Seitenmauern reicht. Die Ausdehnung des Unterhauptes ist gleichfalls durch die Verstärkung der Mauern bezeichnet. Man findet in Letzteren mit Ausnahme des Abfall-Bodens alle Theile des Oberhauptes wieder. Die Schleusen-

kammer endlich, oder der Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gesenkt oder gehoben werden, beginnt schon an Fusse des Abfallbodens und erstreckt sich bis zur untern Thorkammer. Der Vorboden des Unterhauptes (10) gehört also eben sowohl zu dem letztern, wie zur Kammer. Er ist in der That von dieser durch Nichts getrennt, und man würde ihn nicht als besondern Theil der Schleuse ansehen dürfen, wenn sich nicht die Dammfalze darin befänden.

Die Dammfalze pflegt man in neuerer Zeit nur einfach zu machen, so dass die Balkenwand selbst den wasserdichten Schluss bildet, während man sonst in doppelte Falze zwei Wände einsetzte und den Zwischenraum mit Mist anfüllte. Nur über dem Hinterboden des Unterhauptes, wo wegen der höheren Anschwellungen des Unterwassers der Eintritt eines hohen Wasserstandes während der Reparaturen der Schleusen am meisten zu besorgen ist, bringt man, wie in den Figuren angegeben, auch jetzt noch doppelte Dammfalze an.

Unter den verschiedenen Theilen einer Schiffsschleuse sind die Thore am wenigsten dauerhaft und bedürfen daher am häufigsten der Reparaturen. Um in solchem Falle nicht die ganze Schleuse trocken legen zu dürfen, muss jede Thorkammer für sich abgeschlossen werden können. Dieses ist der Grund, weshalb über den Vor- und Hinterböden die Vorrichtung zum Einlegen der Dammbalken angebracht wird. Ueber dem Hinterboden des Oberhauptes ist jedoch diese Massregel entbehrlich, sobald der Oberboden sich über den gewöhnlichen Stand des Unterwassers erhebt, und sonach von dieser Seite kein Zudrang des Wassers gegen die Thore stattfindet. Die Dammfalze sind übrigens nicht nur in den Seitenmauern, sondern bei massiven Böden, auch unten eingeschnitten (§. 88), weil das Mauerwerk, selbst wenn es aus Werkstücken besteht, dennoch gewöhnlich nicht so eben ist, dass ein ziemlich dichter Schluss sich darüber darstellen lässt. Hat die Schleuse dagegen einen hölzernen Boden, so liegt der untere Dammbalken flach auf demselben, und oft bringt man darunter eine Spundwand nebst Fachbaum an, um zu verhindern, dass das Wasser unter dem Bohlenboden hindurchdringt. Dieser Umstand war der Hauptgrund, weshalb man in früherer Zeit so viele Querspundwände unter den Schleusen anzubringen pflegte.



Die Thorkammern müssen grössere Breite haben, als die andern Theile der Schleuse, damit die Thore, wenn sie geöffnet sind, nicht den Durchgang der Schiffe hindern. An beiden Seiten jeder Thorkammer befinden sich daher Nischen, die man Thor-Nischen nennt (3 und 12), und diese müssen so tief sein, dass von dem geöffneten Thore kein Theil vor die Flucht der Mauer tritt. In jeder Thornische ist besonders diejenige Kehle wichtig, in welcher die Wendeskule des Thors sich dreht, und welche mit dem Thore, wenn dieses geschlossen ist, einen wasserdichten Schluss bilden muss. Man hat dieser Kehle einen besondern Namen gegeben und nennt sie Wendenische.

Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen die Schlagschwellen, von denen bereits die Rede war, und ausserdem müssen sie auch einander berühren oder sich gegen einander stemmen. Sie heissen daher Stemm-Thore. Die Figur zeigt sie im Oberhaupte geschlossen (4) und im Unterhaupte geöffnet (13). Bei kleinen Schleusen, die nur eine sehr geringe Breite haben, schliesst man jede Oeffnung auch wohl durch ein einzelnes Thor, das sich theils an die Wendenische und theils an einen gegenüber befindlichen Pfeiler, oder statt dessen an einen hölzernen Pfosten lehnt. Der Drempel bildet alsdann nicht mehr ein gleichschenkliges Dreieck, sondern eine grade Linie. Es muss noch bemerkt werden, dass die Stemm-Thore, wenn sie geschlossen sind, durch den Druck des Oberwassers an die Wendenischen, die Schlagschwellen und an einander so fest gepresst werden, dass eben hierdurch der wasserdichte Schluss sehr befördert wird. Der Wasserdruck, dem ein Thorpaar ausgesetzt ist, während es das Oberwasser begrenzt, verhindert das Oeffnen der Thore. Wollte man diese aber dennoch gewaltsam öffnen, so würde, abgesehen von der Gefahr, der sie selbst ausgesetzt wären, die plötzliche Anfüllung oder Entleerung der Kammern auch für die darin befindlichen Schiffe höchst nachtheilig und gefährlich werden. Man muss daher noch dafür sorgen, dass der Stau oder die Begrenzung des Ober- und Unterwassers von dem einen Thorpaare auf das andere allmählig übertragen, die Kammer also mittelst anderer Ordnungen oder Seitenkanäle bis zum Niveau des Oberwassers gefüllt, oder wenn sie gefüllt ist, bis zu dem Spiegel des Unterwassers entleert werden kann. Hierzu dienen gewöhnlich Oeff-

nungen in den Thoren, die durch Schütze geschlossen werden. In besondern Fällen wendet man zu diesem Zwecke aber auch überwölbte Kanäle an, die zur Seite der Thore liegen, und gleichfalls durch Schütze oder Klappen in Wirksamkeit gesetzt werden. Solche Kanäle nennt man Umläufe. In der Zeichnung Fig. 257 sind sie im Oberhaupte dargestellt (5); in dem Längendurchschnitte der Schleuse bemerkt man auch die beiden Mündungen des einen Umlaufes. In dieser Figur, sowie im Grundrisse deuten die punktirten Linien den Zug und die ganze Anordnung der Umläufe an.

Die Treppen auf den Kammermauern dienen bei der verschiedenen Höhe der Mauern zur bequemen Kommunikation. In vielen Fällen und namentlich bei Kanalschleusen liegt das Oberhaupt in gleicher Höhe mit der Kammermauer und dem Unterhaupt, wodurch die Treppen entbehrlich werden. Dagegen bringt man zuweilen in den Schleusenkammern Treppen an, um zu den Schiffen herabsteigen zu können, während diese in den Schleusen liegen. Fig. 261 auf Taf. LVIII zeigt eine solche Treppe. Diese Anordnung hat indessen, abgesehen von einer geringen Vergrößerung der Kosten, den Nachtheil, dass die Unterbrechung der Mauerfläche für den bequemen Verkehr auf derselben störend ist, und für die Arbeiter, welche beim Durchschleusen der Schiffe behülflich sind, besonders in der Nacht leicht gefährlich werden kann. Man umgibt deshalb eine solche Treppe zuweilen von einer oder von zwei Seiten mit eisernen Geländern. Dieselben sind aber wieder beim Ausbringen und Anziehen der Fangleinen sehr hinderlich. Ueberdies ist der Nutzen solcher Treppen nicht erheblich, sie werden auch wohl nur in dem Falle angebracht, wenn der Schleusenwärter verpflichtet ist, die Schiffe während des Durchschleusens zu messen oder in andrer Weise zu kontrolliren. Die Flügelmauern, welche zur Abschliessung des Kanal-Profiles gegen die Schleuse dienen, können in dieser allgemeinen Beschreibung übergangen werden, und eben so ist die Erwähnung andrer Nebentheile hier entbehrlich.

Die richtige Anordnung der Höhenlage der verschiedenen Schleusentheile erfordert vorzugsweise eine sorgfältige Ueberlegung. Im Allgemeinen wird der Bau um so wohlfeiler je höher der Ober- und Unterboden liegt, weil dadurch die

sefero Fundirung vermieden und zugleich die Mauermasse vermindert wird, welche von der Höhe der Mauern abhängig ist. Sämmtliche Böden müssen aber so tief liegen, dass selbst beim Eintritt des niedrigsten Wasserstandes die Schiffe darüber gehen können. Auf manchen Strömen hört freilich bei anhaltender Dürre die Schifffahrt ganz auf, und in diesem Falle könnte man sich damit begnügen, den Gebrauch der Schleusen auf etwas höhere Wasserstände zu beschränken. Die Wasserstands-Beobachtungen sind auf unsern Strömen schon so lange fortgesetzt, dass man mit grosser Sicherheit daraus entnehmen kann, bis zu welcher Tiefe das kleinste Wasser zuweilen herabsinkt. Indem man ferner den Tiefgang der beladenen Schiffe im Allgemeinen und zur Zeit des kleinen Wassers kennt, so ist es leicht, die Höhen zu berechnen, in welchen der Ober- und Unterboden einer Schleuse liegen muss. Man pflegt indessen dieselben noch um eine gewisse Quantität und gewöhnlich um einen Fuss zu senken, um bei zufälligen Aenderungen der Verhältnisse die Schifffahrt nicht zu unterbrechen.

In Kanälen, welche stehendes Wasser enthalten, was bei Schifffahrts-Kanälen gewöhnlich der Fall ist, lässt sich sehr leicht eine zu grosse Höhe der Schleusenböden ganz sicher dadurch vermeiden, dass man den Unterboden der einen Schleuse in den Horizont des Oberbodens der nächstfolgenden legt, und über beiden den erforderlichen Wasserstand darstellt. Bei Schleusen zur Seite eines Stromes, die das Gefälle eines Wehrs oder einer Stromschnelle aufheben, fehlt indessen eine solche Gelegenheit zur Darstellung des erforderlichen Wasserstandes, wenigstens im Unterwasser, und man muss daher die Veränderungen berücksichtigen, die in der nächstfolgenden Stromstrecke möglicher Weise eintreten können. In welcher Weise man diese Untersuchung zu führen hat, ist bereits bei Gelegenheit der Schifffahrts-Anlagen Behufs Ueberwindung starker Gefälle (§. 96) angegeben.

Der Oberboden, sowohl als der Unterboden einer Schleuse liegen indessen nicht ihrer ganzen Länge nach in gleicher Höhe, weil die Schleusenthore sich mit ihren untern Rändern an vortretende Schwellen lehnen müssen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die ermittelten Höhen sich auf die höchsten Theile des Bodens, also auf die Schlagschwellen oder Drempe

beziehen. Die Thorkammerböden sind daher noch tiefer zu legen, damit die Schwellen darüber vortreten. Ihre Senkung wird insofern sie wegen der tieferen Gründung mit Mehrkosten verbunden ist, nicht weiter ausgedehnt, als dringend nöthig ist. Der Vorboden des Unterhauptes und der Kammerboden liegen daher wieder mit dem Unterdrempel in gleicher Höhe. Der Vorboden des Oberhauptes hat indessen gemeinhin eine so geringe Ausdehnung, dass die Erhöhung desselben, welche in Fig. 257 dargestellt ist, sich kaum noch rechtfertigt, besonders weil sie die Anbringung eines neuen Absatzes im Boden bedingt. Dieser Vorboden wird daher gemeinhin in die Höhe des Thorkammerbodens gelegt, wie Fig. 261 zeigt. Die Hinterböden in beiden Häuptern, welche immer zur Verstärkung der Schlagschwellen dienen, liegen dagegen gemeinhin mit diesen in gleicher Höhe.

Im Vorstehenden ist, wie auch Anfangs erwähnt, der Massivbau zum Grunde gelegt. Eine wesentliche Aenderung in der Höhenlage des Oberbodens muss indessen eintreten, wenn derselbe in Holz ausgeführt wird. Das Holz darf nämlich nicht dem häufigen Wechsel von Trockenheit und Nässe ausgesetzt werden und dieses würde beim Hinterboden und dem obern Theile des Abfallbodens im Oberhaupt häufig der Fall sein, wenn der Oberboden so hoch gelegt wäre, als die Einsenkung der Schiffe nach der vorstehenden Untersuchung gestattet. Bei Schleusen von sehr geringem Gefälle würde freilich der Oberboden schon unter das Niveau des kleinsten Unterwassers treffen. Auf diesen Fall bezieht sich nicht die folgende Darstellung.

Zur Schonung der erwähnten hölzernen Böden, deren Reparatur immer schwierig und zeitraubend, daher für die Schifffahrt sehr störend ist, pflegt man dieselben bis unter das niedrigste Unterwasser zu senken, und hiernach erhält der ganze Oberboden eine viel tiefere Lage, wie Fig. 258 zeigt. Dabei tritt der Uebelstand ein, dass die Sohle des Ober-Kanals bedeutend höher liegt als der Oberboden der Schleuse. Man kann freilich die Kanalsohle allmählig bis zu dem letztern senken, aber abgesehen von der alsdann erforderlichen nutzlosen Vertiefung und Verbreiterung des Kanals, die wieder eine Verlängerung der Flügelmauern bedingt, wird dadurch auch das Versanden und Verschlämmen der Schleuse befördert, indem die Strömung, die beim jedesmal



Füllen der Kammer eintritt, die Sandkörnerchen und Erdtheilchen auf der geneigten Sohle des Kanals um so leichter der Schleuse entleert. Am vortheilhaftesten ist es in diesem Falle, die in Fig. 258 angegebene Anordnung zu wählen, und die untern Dammbalken im Vorboden des Oberhauptes beständig liegen zu lassen, gegen welche die Erdschüttung in der vollen Höhe der Sohle des Oberkanals sich lehnt. Man kann auch, wie gleichfalls zuweilen geschieht, statt dieser Balkenwand eine Fallmauer in derselben Höhe auführen.

In den Amerikanischen Kanal-Schleusen Fig. 265 Pl. LX wird der Oberdremmel sogar mit dem Unterdremmel in dieselbe Höhe gelegt. Der Abfallboden zwischen beiden fehlt dabei gänzlich, wogegen vor der obern Thorkammer eine senkrechte Fallmauer steht, welche der Sohle des Ober-Kanals zur Stütze dient. Diese Anordnung ohne Zweifel eine grosse Vereinfachung des Bauwes. Die Oberthore erhalten dieselbe Höhe, wie die Unterthore, und indem die Schütz-Oeffnungen alsdann sehr tief gebracht werden können, verschwindet nicht nur die Gefahr, dass das Wasser, beim Herabstürzen vom Abfallboden, in das Gefälle fließen möchte, welches in der Schleuse liegt, sondern die Geschwindigkeit des durchfliessenden Wassers wird auch etwas vermehrt und sonach füllt die Kammer sich schneller an, als wenn die Schütz-Oeffnung über einem hohen Abfallboden läge. Die Druckhöhe, welche die Geschwindigkeit des Durchströmens bedingt, ist nämlich, so lange das Unterwasser noch nicht die Schütz-Oeffnung im Oberthore berührt, gleich der Tiefe des Mittelpunktes der Oeffnung unter dem Oberwasser, wogegen nach der eben beschriebenen Einrichtung auch bei den Oberthoren dasselbe Verhältniss, wie bei den Unterthoren, eintritt, woselbst die Druckhöhe der vollen Differenz zwischen den Wasserständen zu beiden Seiten der Thores gleich ist. Der Zeitgewinn ist im letzten Falle zwar nicht gerade beträchtlich, aber doch so gross, dass er unter Umständen wohl Berücksichtigung verdient. Bei den üblichen Dimensionen unserer Schleusen würde die Zeit zum Füllen der Kammer auf diese Weise etwa um eine Minute abgekürzt werden, und man kann daher annehmen, dass die Anzahl der Schiffe, die bei ununterbrochenem Gebrauche der Schleuse befördert werden, durch

dieses Mittel um 10 bis 12 Prozent vergrössert werden könnte. Hierbei muss indessen bemerkt werden, dass die Umläufe in den Oberhäuptern ungefähr in gleicher Art, wie diese tief liegenden Schutzöffnungen in den Thoren, wirken, und die grossen Dimensionen derselben, wenn das Wasser sich darin auch weniger bewegt, dennoch ein gleich schnelles Füllen der Kammer möglich machen.

Was die Höhe der Schleusenmauern betrifft, so hängt dieselbe vorzugsweise von dem höchsten Wasserstande ab, welcher die Schifffahrt noch ausgeübt werden kann. Die Benutzung der Schleuse hört auf, sobald das Oberwasser die Höhe der Thore erreicht; da aber bei gefüllter Kammer die Unterthore das Oberwasser begrenzen, so muss die Höhe derselben, eben sowie auch die der Kammerwände dem höchsten schiffbaren Ober-Wasserstande entsprechen, oder noch etwas grösser sein.

Für die Oberthore und das Oberhaupt genügt indessen in vielen Fällen diese Höhe noch nicht, denn der höchste schiffbare Wasserstand pflegt noch bedeutend unter dem absolut höchsten Wasserstande zu liegen. Letzterer würde daher die Oberthore und das Oberhaupt übersteigen, wenn diese nicht noch höher wären und eine heftige Durchströmung der Schleuse und des Schleusenkanals verursachen. Wenn die Schleuse selbst dabei gewölbt auch nicht besonders leidet, so werden doch die Kanal-Ufer durch die Strömung angegriffen, und überdies bilden sich sowohl im Kanal, als auch besonders in der Schleuse weit ausgedehnte hohe Sand- und Kies-Ablagerungen, die vor der Eröffnung der Schifffahrt ausgegraben und ausgebaggert werden müssen.

Hiernach muss es als Regel gelten, die Durchströmung der Schleuse und des Schleusenkanals während der Zeit des Hochwassers durch angemessene Erhöhung des Oberhauptes und der Oberthore zu verhindern. Das Wasser darf aber auch nicht von der Seite her der Schleuse zuströmen, und folglich müssen vor der freien Dämme sich an das Oberhaupt anschliessen. Wenn also das Unterwasser, das zur Zeit der Anschwellungen gewöhnlich die Höhe des Oberwassers nahe erreicht, auch über die Unterthore und Kammermauern treten sollte, so ist dieses ohne Nachtheil insofern damit keine Strömung verbunden ist, und die Niederlage sich allein auf diejenige Sand- und Erdmasse beschränkt.

bei der einmaligen Füllung dem Kanale durch den Rückzug geführt werden. In manchen Fällen erreichen die selten vorkommenden höchsten Wasserstände eine solche Höhe, dass Oberthore, wenn sie derselben entsprechen sollten, sehr schwer im Gebrauche unbequem werden würden. Man pflegt alsdann andere Vorkehrungen zu treffen, wodurch sie, nachdem die Fahrt wegen eines zu hohen Wasserstandes bereits unterbrochen auch erhöht werden können. Dieses geschieht, indem man verstellte Wände aufsetzt. Ausserdem dienen zu diesem die sogenannten Sturmthore, welche ein zweites Thor bilden, das sich gegen die untern Thore in derselben Art, diese gegen die Schlagschwellen lehnt. Fig. 259 a und b diese Anordnung im Grundrisse und Längendurchschnitte. Kommt indessen wohl nur bei Seeschleusen vor, woher zu Bezeichnung der Name Sturmthor gewählt ist.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Erhöhung des Wassers über die Kammerwände und über das Unterhaupt bei Kanalschleusen fortfällt, vor welchen keine Anschwellung ist, oder wo der Wasserstand durch Regulirung der Zuflüsse auf einer bestimmten Höhe gehalten werden kann. Nur wenn eine Schleuse eines schiffbaren Kanals, welche seine Vorrichtung mit einem Strome darstellt, muss nach dem höchsten Wasserstande des letztern normirt werden. Hierbei tritt gewöhnlich ein eigenthümliches Verhältniss ein. Die Kanalstrecke zwischen der Schleuse und dem Strome ist nämlich allen Veränderungen des Wasserstandes ausgesetzt, die im Strome selbst eintreten.

Bei kleinem Wasser liegt sie tiefer als die nächst vorhergehende Strecke, bei Anschwellungen tritt sie aber in das Niveau des Wassers, und steigt zur Zeit des höchsten Wassers sogar noch darüber.

Die Thore sind alsdann dem Drucke von der Seite des höheren Unterwassers ausgesetzt, sie öffnen sich und das Wasser nimmt das Niveau des Stromes an. Wenn hierbei besonderer Nachtheil zu besorgen ist, so wendet man auch eine Mauerregel dagegen an. Wenn dagegen der höhere Wasserstand für die Umgebungen des Kanals nachtheilig werden könnte, namentlich in eingedeichten Ländereien der Fall wäre, so wird die Schleuse so eingerichtet werden, dass sie den höheren Wasserstand des Stromes abhält. Man versieht sie alsdann mit

einem dritten Thor-Paare, welches in entgegengesetzter Richtung aufschlägt. Diese Thore nennt man Fluththore. Dieselben werden gewöhnlich in der Art angeordnet, wie Fig. 260 im Grundrisse zeigt, nämlich so, dass die beiden Drempele unmittelbar neben einander liegen, und die Wendenischen zu beiden Seiten in dieselben Werkstücke eingeschnitten sind. Man könnte andrerseits auch beide Thorkammern mit einander verbinden, und die Fluththore zwischen die Ober- und Unterthore legen. Dabei würde noch der Vortheil eintreten, dass die Länge der Schleuse sich etwas verringerte, dagegen blieben alsdann die Unterthore ohne Schutz, und da sie nicht die Höhe der Fluththore haben, würden sie während der Anschwellung ganz unter Wasser bleiben, und sonach bei zufälligen Ereignissen, wie etwa durch Gegenstossen des Eises, oder wenn sie beim Wellenschlage aus den Thornschieben treten sollten, gar nicht geschützt werden können. In manchen Fällen darf die Schifffahrt auch während des höhern Wasserstandes im Strome nicht unterbrochen werden, und die Schleuse muss eben sowohl benutzt werden können, wenn der Wasserstand im Strom als wenn der Wasserstand im Kanale der höhere ist. Ein solches Bedürfniss tritt bei tief liegenden, eingedeichten Niederungen häufig ein, und die Schleusen erhalten alsdann in jedem Hauptzwei Thor-Paare, die in entgegengesetzter Richtung sich öffnen.

Um die Anordnung der Schleusen deutlicher darzustellen, und um zugleich auf die Unterschiede aufmerksam zu machen, welche in verschiedenen Ländern hierbei vorkommen, theile ich die Grundrisse und Durchschnitte einer Deutschen, einer Englischen und einer Amerikanischen Schleuse mit.

Fig. 261 auf Taf. LVIII zeigt eine Ruhr-Schleuse, die vor wenigen Jahren ziemlich übereinstimmend mit den dortigen ältern Schleusen ausgeführt ist. Sie ist ganz massiv, auf Beton gegründet, und der Kammerboden wird durch ein umgekehrtes Gewölbe gebildet. Von den Treppen, welche an den Ruhr-Schleusen üblich sind, ist bereits die Rede gewesen, man bemerkt eine solche auch in dieser Zeichnung. Ich muss erwähnen, dass die in Frankreich übliche Anordnung der Schleusen im Allgemeinen mit dieser übereinstimmt, die Treppen jedoch dabei fehlen.

Fig. 262 a, b und c auf Taf. LIX stellt eine Schleuse im Ellesmere-Kanale dar, welche bei Gelegenheit der weiteren Aus-



Lehnung dieses Kanals im Jahre 1805 von Telford erbaut wurde. Die Schleuse ist gleichfalls massiv und stimmt nahe mit allen Englischen Kanal-Schleusen überein. In den niedrigen Thoren des Oberhauptes fehlen die Schütze, wogegen Umläufe angebracht sind, welche sich in einem gemeinschaftlichen überwölbten Kanale unter dem Oberboden vereinigen und in der Mitte des senkrechten Abfallbodens in die Schleusenkammer treten. In dieser Schleuse haben die Thore gusseiserne Säulen und Riegel, die Telford auch bei andern und selbst bei den grossen Schleusen des Caledoneschen Kanals statt der sonst üblichen hölzernen Verlandstücke angewendet hat. Es ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass die einzelnen Thore nicht Ebenen, vielmehr cylindrische Flächen bilden. In England ist diese Form besonders bei grössern Schleusen ganz allgemein, und es lässt sich nicht in Abrede stellen, dass dadurch dem Brechen der Riegel sehr kräftig vorgebeugt wird.

Fig. 263 zeigt den Querschnitt einer gleichfalls von Telford in der Nähe von Beeston-Castle in Cheshire ausgeführten gusseisernen Schleuse. Der Boden besteht hier aus einem so packten und mit Wasser durchzogenen Triebssande, dass die frühern massiven Schleusen wiederholentlich eingestürzt waren \*). Der in der Figur dargestellte Querschnitt ist durch die Kammer gelegt, und enthält zugleich die Ansicht des Oberbodens. Die ganze Kammer, sowie auch die Häupter sind von unten und von den Seiten durch gusseiserne Platten, an welchen Verstärkungsrippen befindlich sind, eingeschlossen. Auf einem leichten Pfahlwerke ruht der ganze Bau, und die Füllung der Schleusenkammer geschieht durch eiserne Röhren, die wieder am untern Theile des senkrechten Abfallbodens ausmünden. Der Abfallboden besteht gleichfalls aus Gusseisen; damit derselbe aber beim Einfahren der Schiffe nicht beschädigt werde, so ist er im obern Theile mit Holz bekleidet.

Fig. 265 a, b, c, d und e auf Taf. LX zeigt eine Amerikanische Schleuse, und zwar in derjenigen Anordnung, die von Benj. Wright für den James River und Kanawha-Canal in Virginien gewählt ist. Sie hat einen hölzernen Boden und massive

\*) *Life of Telford*. London 1838. Seite 37.

**Manern.** Auf die Einfachheit des ganzen Baues in Folge in gleicher Höhe durchgeführten Schleusenbodens ist bereits merksam gemacht worden. Die Schlagschwellen sind auf Boden nur durch Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 265. In Bezug auf Solidität lässt die gewählte Anordnung gewiss zu wünschen, und ist deshalb wohl nicht als Muster zu emp

Fig. 266 stellt den Durchschnitt durch die Kammer-Schleuse des Schuylkill-Kanales dar. Die Anordnung des Baues stimmt mit der eben beschriebenen Schleuse sehr überein, und unterscheidet sich nur durch die Holzverkleidungen, welche die Kammermauern und Häupter umgiebt. Selbst die Pfosten sind aus starken Pfosten gebildet, indem man keine Bruchsteine nicht ohne bedeutende Kosten beschaffen

Das Gefälle einer Schleuse ist augenscheinlich von dem daneben liegenden Wehres abhängig. Bei Kanalschleusen kann man diesem Gefälle eine beliebige Grösse geben, und die Anzahl der Schleusen, auf welche das ganze Gefälle des Kanals vertheilt wird, innerhalb gewisser Grenzen gleichfalls beliebig genommen werden darf. Schleusen-Gefälle von 6 bis 8 Fuss sind wohl die gewöhnlichsten, doch bietet die Verstärkung der Schleusen bis 12 Fuss keine Schwierigkeit, und es giebt mehrfache Beispiele, dass auch Gefälle bis 18 Fuss noch sicher überwunden werden können.

Bei grossem Gefälle wendet man gekuppelte Schleusen an, d. h. man legt mehrere Schleusenkammern dicht hintereinander, und trennt dieselben nur durch einzelne Häupter, so dass jedes Unterhaupt der einen Kammer zugleich Oberhaupt der folgenden ist. Die Anzahl der Häupter in einer gekuppelten Schleuse ist sonach um Eins grösser, als die der Kammern, und doppelt so viel Häupter, als Kammern nöthig sind, wenn man die Schleusen getrennt von einander ausführt. Hieraus erhellt der Vortheil der gekuppelten Schleusen. Bei ihrem Gebrauche tritt freilich eine grössere Wasser-Consumtion ein, aber dies geschieht auch, wenn die einzelnen Schleusen in sehr grosser Entfernung hinter einander liegen und nicht durch ausgetrennte Zwischen-Kanäle getrennt sind. Bei Gelegenheit der Beschreibung der Kanäle wird dieser Umstand näher erörtert werden. Solche Lokaltäten ein sehr starkes Gefälle an einer bestimmten St

de bedingt, so thut man wohl, wie dieses alsdann auch immer  
nicht, eine gekuppelte Schleuse zu erbauen, wodurch nicht  
die Kosten der Anlage vermindert, sondern auch der Durch-  
gang der Schiffe beschleunigt wird. Die Anzahl der Kammern  
in gekuppelten Schleusen ist sehr verschieden; in den meisten  
sind es nur zwei, doch kommen auch drei, vier und  
mehr vor. Auf zwei sehr wichtigen Kanälen giebt es sogar  
zwei gekuppelte Schleusen, nämlich auf dem Canal du Midi  
zwischen Beziers und auf dem Caledonischen Kanale zwischen dem  
Lochy und Loch Eil. Das Gefälle der letztern beträgt 62  
Fuss der erstern 68 Rheinländische Fuss. Die gekuppelten  
Schleusen zeigen übrigens in ihrer Anordnung keine Eigenthüm-  
lichkeit, welche eine nähere Beschreibung nothwendig machte, und  
wir nur zu erwähnen, dass am obern Ende jeder einzelnen  
Kammer derselben ein Abfallboden sich befindet.

Vodrerseits hat man aber auch versucht, durch einzelne  
Kammern sehr grosse Gefälle zu übersteigen. Man  
hat solche Schleusen Schacht-Schleusen. Das wichtigste  
von dieser Art ist ein Bau, der in der Mitte des vorigen Jahr-  
hunderts in Schweden unternommen wurde. Die Götha-Elv, welche  
den Fluss des Wenern-Sees in die Nordsee bildet, hat ein sehr  
grosses Gefälle, und der hier besonders sehr feste und harte  
Fels engt sie theilweise übermässig ein, und bildet eine Reihe  
von Wasserstürzen, von denen die bedeutendsten unter dem Namen  
Höghäta-Falles bekannt sind. Die Einrichtung dieser Strom-  
schnellen zum Schiffahrtswege hielt man mit Recht für unmöglich,  
entschloss sich daher zur Anlage eines Seitenkanals, der den  
alten Götha-Kanal erhalten hat und im Anfange dieses Jahr-  
hunderts beendigt ist, wiewohl er auch später noch wesentliche  
Veränderungen erfahren hat. Der Anfang zu diesem Bau wurde  
schon viel früher gemacht und zwar nach einem Plane,  
den Oluf und Elvius entworfen hatten, und der im Jahre 1748  
die Genehmigung der Regierung erhielt. Hiernach sollte das ganze  
Gefälle, welches 117 Schwedische oder 111 Rheinländische Fuss  
betrug, nur auf drei Schleusen vertheilt werden, nämlich auf eine  
erste, eine zweite, die sogenannte Polhem-Schleuse, von  
der eine und eine dritte von 33 Fuss Gefälle. Nach mancher  
Veränderung sollte man glauben, dass dieser Plan vollständig aus-

Ausführung gekommen wäre, namentlich sagt dieses Högren. Büsch machte dagegen im Jahre 1780 eine Reise nach Schweden hauptsächlich um über diesen Kanal bestimmte Nachrichten einzuziehen, und aus seinen Mittheilungen \*\*) erfuhr das Publikum nicht nur zuerst, dass der ganze Plan damals gescheitert sei, sondern auch die Gründe, weshalb dieses geschehen.

Polhem hatte ein eigenthümliches System des Schleusenbaus in Anwendung gebracht. Um nämlich den Unterthoren nicht übermässige Höhe geben zu dürfen und um sie zugleich vor starken Drucke sicher zu stellen, machte er sie nur einige zwei Fuss hoch und liess ihre obern Ränder gegen gemauerte Drempel anschlagen, wie dieses auch bei den Entwässerungs-Schleusen oder Sielen, die in Deichen liegen, geschieht. Jede Schleusenkammer bildete also einen Schacht, und der Unter-Kanal vertiefte sich in eine unterirdische Kanalstrecke, indem der natürliche Fels zur Verstärkung des obern Drempels im Unterhaupte benutzt wurde. Die erste Schleuse war wirklich fertig geworden, die zweite, welche Polhem's Namen führte und die bedeutendste hatte man gleichfalls beendet und sogar die Thore eingehängt. Die getroffenen Anordnungen zeigten sich indessen schon bei der ersten Probe als durchaus ungenügend, um dem Wasserdruk zu widerstehen. Das Wasser drang nämlich durch die Klüfte im Gestein hindurch, und bald brachen auch die Thore. Diese Umstände würden indessen keineswegs das ganze Unternehmen vereitelt, vielmehr nur zur Anwendung einer grössern Vorsicht Veranlassung gegeben haben, wenn nicht im Jahre 1755 ein andrer Unfall eingetreten wäre, der plötzlich den ganzen Kanalbau unterbrach. Um nämlich diesen Kanal nicht weit oberhalb des ersten Wasserfalles fortsetzen zu dürfen, so wurde in demselben und zwar an der engsten Stelle des Strombettes ein Wehr errichtet, dessen Stau sich über alle oberhalb belegenen Wasserfälle ausdehnen sollte. Büsch bezeichnet diesen Theil des Projektes als den stärksten Missgriff; die Erfahrung hatte darüber auch bald entschieden. Das Wehr war fertig geworden und hatte einige

\*) Beschreibung schiffbarer Kanäle. Hannover 1780.

\*\*) Praktische Darstellung der Bauwissenschaften. Uebersicht des gesammten Wasserbaues, Bd. II. Hamburg 1796. Seite 183 ff.



durch dem Andränge des Stromes widerstanden, als es plötzlich zerbrach, und sogleich vollständig zerstört wurde. Die Regierung war nicht mehr geneigt auf die neuen Vorschläge von Polhem zugehen, und das ganze Unternehmen gerieth in Stocken, bis im Anfange dieses Jahrhunderts nach einem ganz andern Plane, ohne weitere Benützung jener Schachtschleusen, zur Ausführung gebracht wurde.

Indem die Wirksamkeit der gewöhnlichen Schiffsschleusen, oben angegeben, darauf beruht, dass die Kammer abwechselnd dem Oberwasser in Verbindung gesetzt, und durch dieses voll, aladann aber wieder bis zum Niveau des Unterwassers gelassen wird, so folgt hieraus unmittelbar, dass hinreichende Flüsse das Oberwasser speisen müssen, um den beim jedweden Gebrauche der Schleuse eintretenden Verlust zu ersetzen. Ist die Schleuse neben einem schiffbaren Strome, so dass sie unmittelbar durch das Oberwasser des Wehrs gespeist wird, so ist überhaupt kein Wassermangel zu besorgen. Wenn die Schleuse einen zwei Kanaltrecken verbindet, von denen die obere nur einige Zuflüsse erhält, die vielleicht während der trocknen Jahreszeit nahezu ganz versiegen, so sinkt das Oberwasser beim jedweden Durchschleusen von Schiffen immer tiefer herab, und es leicht einen so niedrigen Stand an, dass die Schiffe daselbst nicht mehr fahren können. Um diesem Uebelstande zu begegnen, man sich mehrfach bemüht, Einrichtungen zu erfinden, wobei der Wasserverlust vermindert und wo möglich ganz umgangen wird.

Man ist hierbei mehr oder weniger, zum Theil sehr weit von der gewöhnlichen Anordnung der Schiffsschleusen abgewichen. Diese Einrichtungen werden daher in einem besondern Abschnitte behandelt werden. Dabei soll auch zugleich von einigen Einrichtungen die Rede sein, welche es möglich machen, eine Schiffsschleuse bedeutende Wassermassen abzuführen.

Man kann mittelst der Schütze oder Umläufe der gewöhnlichen Kammerschleusen zwar kleinere Wassermassen aus dem Oberwasser in das Unterwasser leiten, wenn in jenem das Niveau zu hoch erheben, oder in diesem zu tief senken sollte. Die Anwendung der Schiffsschleusen als Ablassschleusen oder Freiarchen aber nicht zu weit ausgedehnt werden, wenn nicht vielleicht eine besonders Verstärkung des ganzen Baues und namentlich

des Bodens den Wirkungen des mit Hefigkeit hindurchströmenden Wassers vorgebeugt ist. Man pflegt daher, wenn das Bedürfnis einer kräftigen Wasserlösung eintritt, und nicht etwa Freiarchen oder ähnliche Anlagen bereits vorhanden sind, solche noch in besondern Seiten-Kanälen neben den Schleusen zu erbauen. In den kleineren Kanälen in England ist diese Vorsicht ganz gewöhnlich.

Wenn die Schleuse aber auch hinreichend solide ausgeführt ist, um einer starken Strömung längere Zeit hindurch ohne Nachtheil widerstehen zu können, so verbietet dennoch die gewöhnliche Einrichtung der Thore, die Schleuse als Freiarche zu benutzen. Die Thore lassen sich nämlich nur öffnen, wenn der Druck des Wassers dagegen aufgehört hat, oder das Wasser oberhalb und unterhalb der Thore beinahe in gleichem Niveau steht. Wollte man aber hinreichend kräftige mechanische Vorrichtungen anwenden, um die Thore, eines starken Wasserdruckes ungeachtet zu öffnen, so würden sie, sobald ihre Stemmung gegen einander und die gleichmässige Unterstützung durch die Schlagschwellen und Wendenischen aufhört, unfehlbar zerbrechen, und einer noch grösseren Gefahr würden die Thore und die ganze Schleuse ausgesetzt sein, wenn man jene, während ein heftiger Strom hindurchgeht, plötzlich schliessen wollte.

### §. 101.

#### Die Schleusenkammer.

Die Schleusenkammer, aus dem Kammerboden und den Kammerwänden bestehend, stimmt in ihrer Konstruktion sehr nahe mit den Freiarchen überein. Ein Unterschied beider liegt nur darin, dass man bei der Schiffsschleuse den Wechsel des Wasserstandes beim jedesmaligen Durchgange eines Schiffes berücksichtigen muss. Aus diesem Grunde wird die Ausführung der Seitenwände in Holz gemeinhin für bedenklich erachtet, zumal da hölzerne Wände auch nicht wasserdicht sind, also bei jedem Füllen und Leeren der Kammer das Wasser in die Hinterfüllungs-Erde hinein- oder heraustritt und im letzten Falle einen Theil derselben fortspült, woher unaufhörlich Einsenkungen und oft tiefe Löcher neben den hölzernen Schleusen zu entstehen pflegen.

Außerdem darf man sich aber auch nicht mit der Hoffnung trösten, dass eine massive Schleuse gar keiner Reparaturen bedarf. Dieselben sind nie ganz zu vermeiden, und sie werden nur sehr bedeutend, wenn nicht wenigstens die äussern Flächen der Mauern aus festen und frostbeständigen Steinen bestehen. Der häufige Wechsel zwischen Nässe und Trockenheit greift nämlich die weichen Steine nicht nur stark an, sondern befördert auch besonders das Ausfrieren derselben. Die Reparaturen an hölzernen Schleusen sind aber insofern, als alle neuen Verbandstücke schon vorher zugerichtet werden können, in viel kürzerer Zeit auszuführen, und sonach ist die Dauer der Schleusensperre geringer, als wenn massive Schleusen in Stand gesetzt werden müssen. Holzbau bei Schleusen ist aus diesem Grunde, besonders wenn das Bauholz wohlfeil ist, keineswegs ganz verwerflich.

In Betreff der Anordnung der hölzernen Kammerwände ist zu bemerken, dass dieselben gewöhnlich eben so weit, wie die Wände der Thorkammern von einander entfernt sind. Man kann nämlich zurücktretende Thornischen im Holzbau nicht leicht darstellen, und deshalb führt man lieber die Seitenwände längs der Thore der Schleuse in einer Flucht durch, und lässt vor dieselben die starken Stiele, welche die Wendenischen bilden, vortreten. In der Konstruktion der Häupter wird im Folgenden die Rede sein; hier geschieht dieser Anordnung nur deshalb Erwähnung, weil sie eine Erweiterung der Kammer bedingt. Es entsteht daraus aber der Nachtheil, dass eine etwas grössere Wassermasse zum jedesmaligen Füllen der Kammer erforderlich ist, und folglich auch die Zeit des Durchschleusens etwas ausgedehnt wird.

Die gewöhnliche Konstruktion der Kammerwände stimmt mit der der hölzernen Seitenwände der Wehre (§. 87) nahe überein. In den Holländischen Schleusen sind aufgesetzte Wände sehr gewöhnlich. Dieselben bestehen dort häufig aus zwei übereinander stehenden Wänden, welche durch einen Rahm oder eine Schwelle von einander getrennt sind, die in der Höhe des niedrigsten Unterwassers liegt. Man erreicht dadurch den grossen Vortheil, dass diejenigen Verbandstücke, welche am meisten leiden, leicht und ohne dass man die Schleuse trocken legen dürfte, ersetzt werden können. Fig. 267 a und b auf Taf. LXI zeigt die Anordnung in der Seitenansicht und im Querschnitte. Die

Streckbalken, welche den obern Theil des Bodens bilden, die mit Schweden verbleimt, die aus besonders breiten Hölzern bestehen. Auf diesen stehen die untern Stiele, und zwar sind nicht nur darin verankert, sondern in ihrer ganzen Stärke die Zoll drei eingenossen, so dass eine hinreichend feste Brücke ihr Herausziehen verhindert. Winkelbänder aus krummen Hölzern, die sich der Form der Schiffe ungefähr anschließen, stützen jeden einzelnen Stiel. Der Rahmen über diesen Stielen zugleich die Schwelle der obern Wand, und die Stiele der letztern werden durch Entlasten gehalten.

Die kleineren holländischen Schleusen in Holland, welche von Booten oder von Liebertfahrzeugen ohne Masten passiert werden sind häufig durch Wände eingeschlossen, in welchen vor jedem vordern Stiele ein höherer Stiel steht, der mit dem gegenüberstehenden durch einen Sparrriegel verbunden ist. Letzterer ist so hoch liegen, dass die Schiffe darunter fortfahren können. Gegen diese höheren Stiele können sich aber zu beiden Seiten der Kammer die Rahmen der Schleusenwände, und jede weitere Verankerung ist alsdann entbehrlich. Tilemann von der Horst spricht sogar von solchen Gebäuden, aus zwei Pfählen und oben und untern Sparrriegeln bestehend, die noch durch Bänder verbunden sind. Dieselben müssen vollständig zusammengestellt werden, bevor sie aufgestellt und eingerammt oder mittelst des angehängten Flosses in den vorher ausgehauenen Grund eingewunden werden. \*)

Die massiven Kammermauern sind wesentlich nicht Anderes als Schälungs-Mauern: es gelten daher hier wieder die selben Regeln, welche für diese (§. 52) entwickelt sind. Es muss aber eine besondere Vorsicht auf die sorgfältige Ausführung der Schleusenmauern verwenden, weil der häufig eintretende bedeutende Wechsel des Wasserstandes, wie bereits erwähnt, den Steinen sehr nachtheilig werden kann. Dazu kommt noch, dass bei einiger Undichtigkeit des Mauerwerks das Wasser auch da, wo dieses beim jedesmaligen Durchschleusen eines Schiffes in einen oder der andern Richtung hindurchfließt, und indem

\*) Tileman von der Horst, *theatrum machinarum univ.* Amsterdam 1736. I. Deel. pag. 8.



ern leicht erweitert, den Zusammenhang der Mauer

Anwendung eines guten Mörtels, der schnell erhärtet und fest bleibt, sowie auch eine sorgfältige Ausführung der Arbeit, wobei sowohl die Lager- als Stossfugen vollständig werden, ist dringendes Erforderniss. Eben so wichtig ist auch, wenigstens zu der Verkleidung dieser Mauern nur Steine zu benutzen, die weder erweichen noch ausfrieren, und sind die meisten Schleusen aus gebrannten Steinen. Es gehört aber eine längere Erfahrung dazu, bevor man Brauchbarkeit der Steine für diesen Zweck ein sicheres Urtheil bilden kann, und es fehlt nicht an Beispielen, dass schon von einigen Wintern keinen Beweis für die hinreichende Festigkeit der Ziegel liefern. Wenn aber die Steine an Stellen auswittern und abbröckeln, so ist eine solide Verkleidung unmöglich, und es bleibt nur übrig, die Mauer abzubauen und neu aufzuführen.

Die Verkleidung der Mauern mit festen Steinen ist nicht so bedenklich, als man besorgen kann, dass die äussere Verkleidung mehr oder weniger setzen möchte, als die Hintermauer. Dieses tritt aber nur ein, wenn die gesammte Höhe der Mauer in beiden Theilen sehr verschieden ist, wie dies öfters geschieht, wenn man eine Mauer aus gebrannten Steinen mit Werkstücken verkleidet. Doch auch in diesem Falle ist sich die Besorgniss schon wesentlich, wenn guter hydraulischer Mörtel benutzt wird, der beim Erhärten wenig schwindet. Die Anwendung eines solchen dürfte es in vielen Fällen viel weniger sein, die Verblendung zu machen, als gebrannte Steine, deren Güte man nicht genau kennt, der unmittelbaren Wirkung des Wassers auszusetzen.

Man muss bei dieser Gelegenheit erwähnen, dass zuweilen das Wasser die nächste Veranlassung zur baldigen Beschädigung der Schleusenmauern giebt. Wenn nämlich die Schleuse auf wasserdichten Felsboden oder auch wohl auf sehr festem Untergrund ausgeführt ist, und die Flügelmauern sich wasserdicht an das Ufer anschliessen, so finden die Quellen und Adern, die aus dem Ufer aus in den abgeschlossenen Raum zwischen den Mauern ausmünden, keinen Ausweg und das Grundwasser

steigt wohl bis zur Höhe der Mauern. Es dringt alsdann in die Mauern ein, und indem es sie fortwährend feucht erhält, nicken es hindurch und befördert vorzugsweise das schnelle Verwittern der Steine. Ich habe in mehreren Fällen diese Erscheinung wahrgenommen, und oft bemerkt, dass diejenigen Schleusenmauern an welche sich höhere Ufer lehnen, auffallend stärker angegriffen waren, als die gegenüberliegenden. Man kann diesem Uebelstande leicht begegnen, wenn man hinter solchen Mauern Sickergräben (§. 30) anlegt, und dieselben durch Oeffnungen, welche durch die Flügelmauern gebohrt werden, mit dem Unterwasser in Verbindung setzt.

Bruchsteine eignen sich, wenn sie lagerhaft und fest sind, sehr gut zur Ausführung von Schleusenmauern, auch ist die Verblendung eines solchen Mauerwerks mit Hausteinen ganz unbedenklich, sobald diese ungefähr gleiche Höhe mit den Bruchsteinschichten haben. Die Regelmässigkeit der sichtbaren Mauerflächen ist indessen ohne wesentlichen Nutzen, und man kann, wenn es auf Kostenersparung ankommt, und nicht etwa die nächsten Umgebungen oder andere äussere Umstände eine besondere Eleganz fordern, der Solidität und Brauchbarkeit unbeschadet, alle Mauern der Schleusen, mit Ausnahme der Wendenischen, aus Bruchsteinen ausführen. Es dürfen dabei freilich nicht einzelne Steine oder Ecken derselben in die Kammer vortreten, weil die Schiffe an solchen leicht hängen bleiben könnten, aber wenn man die Mauer gehörig ebnet, so ist es kein Uebelstand, dass die weniger regelmässigen Fugen das Material erkennen lassen, woraus die Mauer besteht. Die ganze Mauermasse ist in solchem Falle durchaus gleichmässig, woher eine Trennung durch verschiedenartiges Setzen dabei nicht vorkommen kann. Man darf auch nicht fürchten, dass die Fugen, die allerdings stellenweise sehr stark ausfallen, das Wasser hindurchlassen werden, sobald man sie sorgfältig mit passenden Steinstücken und gutem Mörtel gefüllt hat. In Amerika verkleidet man zuweilen, wie Fig. 266 zeigt, die Schleusen mit Holz, wodurch ohne Zweifel vielfache Reparaturen veranlasst werden, ohne dass man dabei einen wesentlichen Vortheil erwarten darf, denn wenn die Bruchsteine wenig lagerhaft sind, so kann man mit denselben einen gehörigen Verband nicht darstellen, um

Mangel an Festigkeit, der hieraus entspringt, wird keineswegs durch die Bretter-Verkleidung beseitigt.

Die grösste Solidität erreicht man ohne Zweifel, wenn die Mauer aus Werkstücken ausgeführt ist, die mit genügender Vorsicht und mit Anwendung eines guten Mörtels versetzt sind. Die Kosten sind in diesem Falle sehr bedeutend, doch kann man sie wesentlich ermässigen, wenn man allen Anforderungen entsagt, die nicht ausschliesslich durch die Regeln der Konstruktion begründet werden. Grosse Dimensionen der einzelnen Steine sind hiernach entbehrlich; kleinere Steine lassen sich sogar viel leichter versetzen, und liefern daher bei gleicher Mühelosigkeit der Ausführung ein besseres Mauerwerk. Die Anforderung, dass alle Schichten gleich hoch sein sollen, ist gleichfalls unbegründet. Es ist nur dahin zu sehen, dass alle Steine einer Schicht gleiche Höhe haben. Ferner ist die sorgfältige Bearbeitung der innern Steine überflüssig, ihre Höhe muss aber mit der der äussern übereinstimmen, und da letztere eben so wie die innern in das Mörtelbett fest eingesetzt werden müssen, so ist es möglich, diese so genau zu versetzen, dass ihre äussern Flächen genau scharf in die Flucht der Mauer treffen und ganz regelmässige und noch dazu feine Fugen zeigen. Es bleibt daher nur übrig, sobald der Mörtel bereits erhärtet, die äussere Mauerfläche abzarbeiten (§. 52). Hiernach verschwindet jeder Grund, diese innern Steine schon vor dem Versetzen mit der grössten Sorgfalt zu bearbeiten. Bedingung bleibt es aber, die festesten Steine zur Verkleidung der Mauer zu verwenden. Häufig tritt der Fall ein, dass in demselben Steinbruche nur einzelne Lagen, und zwar die tieferen frostbeständig sind, während diese nicht verwendet werden können, ohne dass vorher die obern, weniger verhafteten, Lagen gebrochen sind. Alsdann ist es dem Besitzer des Steinbruches sehr erwünscht, und er stellt die Preise billiger, wenn er die festeren und weicheren Steine zugleich liefern darf. Er kann aber selbst die dünnern Schichten des Steinbruches benutzen, wenn man keine bedeutende Höhe der Steine fordert, und ein gewisses Minimum, etwa von 8 Zoll für die Stärke der äussern Schichten bedingt. Die andern Dimensionen der Steine sind von der Höhe abhängig, doch ist es überflüssig, dafür ganz bestimmte Maasse zu verlangen. Nur in der äussern Fläche muss

man angemessene Längen der einzelnen Steine fordern, um eine gehörige Abwechselung der Stossfugen darstellen zu können.

Die Profile der Kammermauern sind von denselben Bedingungen abhängig, die für die Schälungsmauern (§. 51) entwickelt sind; der häufig eintretende starke Wechsel des Wasserstandes erfordert jedoch eine etwas grössere Stärke der Schleusenmauern.

Zwischen den Grenzen des obern und untern Wasserstandes und über denselben dürfen die Mauern in der der Kammer zugekehrten Seitenfläche keine Böschung erhalten, weil die Breite der Kammer schon so weit beschränkt ist, als die durchgehenden Schiffe irgend gestatten. Bei Anbringung einer solchen Böschung würde diese Breite aber entweder überflüssig vergrössert, oder zum Nachtheil der Schifffahrt beschränkt werden. Auch unter dem Unterwasser führt man die Mauer gemeinhin lothrecht auf, giebt ihnen also an der der Thorkammer zugekehrten Seite keine Böschung. Dieses geschieht wenigstens, wenn die Schiffe entweder keine bedeutende Einsenkung haben, oder die Form ihres Querschnitts sich einem Rechtecke nähert, was bei Fluss- und Kanalschiffen mehr oder weniger fast immer der Fall ist. In den drei Schleusen, die auf Taf. LVIII, LIX und LX dargestellt sind, sieht man diese Anordnung und eben so auch in Fig. 268, 269 und 271 auf Taf. LXI. Wenn dagegen die Schleuse für Seeschiffe bestimmt ist, deren Seitenwände nach dem Boden hin bedeutend eingezogen sind, so darf man auch die Kammermauern in der Nähe des Bodens höckerförmig oder sie in der Tiefe vortreten lassen, wodurch ihre Stabilität ansehnlich gewinnt. Die Wahl dieser Form gestattet also, die Mauern, der Sicherheit unbeschadet, in schwächeren Dimensionen auszuführen. Der Umstand, dass die Lager-Fugen normal gegen die Krümmung, also aufwärts gekehrt sind, ist in diesem Falle ohne Nachtheil, da der untere Theil der Mauer beständig unter Wasser bleibt. Diese Anordnung hat man fast bei allen neuern Schleusen in England gewählt, die für den Durchgang der Seeschiffe bestimmt sind. Telford baute in dieser Weise die Schleusen des Caledonischen Kanals. Fig. 270 zeigt den Querschnitt der etwa vor fünfzehn Jahren ausgeführten Schleuse bei Meyton-Gate im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull. Die Krümmung des untern Theils der



setzt sich hier in der Wölbung des Bodens durch die Breite der Schleusenammer fort \*). Die Mauern sind aus Ziegeln aufgeführt, im obern Theile jedoch mit Leisten verkleidet.

Es ist es üblich, die Kammermauern nicht mit Streben zu versehen, ihnen vielmehr ein solches Profil zu geben, so an jeder Stelle an sich hinreichende Stabilität haben; in Frankreich und Holland geht man in neuerer Zeit gewöhnlich von demselben Grundsatz aus. In England dagegen werden die Schleusenmauern jedesmal durch Strebepfeiler verstärkt wie man bei der kleinen Kanalschleuse Fig. 262, und auch an der Schleuse in Hull, Fig. 270 bemerkt. Die Pfeiler der letztern sind bei einer Höhe von 25 Fuss oben 7 Fuss breit und werden durch Pfeiler von quadratischem Querschnitt von 3 Fuss 3 Zoll Seite unterstützt, die in Abständen von 12 Fuss unter einander zu Mitte aufgeführt sind.

Um dem häufigen Betreten der Kammermauern, und besonders auch Ketten oder Taue beim jedesmaligen Durchgehen des Schiffes aufgebracht und darüber gezogen werden, ist es gewöhnlich eine Abdeckung mit besonders festen und hinreichend hohen Deckplatten anzubringen. Man bemerkt dieselben in den getheilten Profilen und Grundrissen der massiven Kammer-

der Kammerboden besteht entweder aus Holz, oder ist aus Stein, und zwar werden hölzerne Böden nicht selten auch bei den Schleusen angewendet.

Gewöhnlich bemüht man sich, den Kammerboden möglichst dicht zu machen. Diese Absicht rechtfertigt sich dadurch, dass entgegengesetzten Falles bei dem wechselnden Wasserstande der Kammer ein Durchquellen nach der einen und der andern Seite, und wohl bis zur Hinterfüllung der Kammermauern eintreten kann, welches wieder ein Ausspülen der Erde unter der Schleuse und zur Seite derselben, auch wohl grössere Abbrüche besorgen lässt. Dagegen kann das besonders nach dem Durchquellen des Wassers vom Oberwasser bis zum

*Transactions of the Institution of Civil Engineers Vol. I. 1836.*

*Handb. d. Wasserbauk. II. 3.*

Unterwasser durch die Wasserdichtigkeit dieses Bodens nicht verhindert werden.

Wenn ein solches Durchquellen nur unter dem Oberhaupte nicht aber unter dem Unterhaupte Statt findet, und der Kammerboden wasserdicht ist, so wird dieser einem aufwärts gerichteten Drucke ausgesetzt sein, welcher der Höhe des Oberwassers entspricht. Es findet dabei freilich ein Gegendruck Statt, der sich aus dem Wasserstande in der Schleusenkammer und aus dem Gewichte des Kammerbodens zusammensetzt; nichts desto weniger kann der erste Druck bei starkem Gefälle und sonstigen grossen Dimensionen der Schleuse, sobald die Kammer bis zur Höhe des Unterwassers entleert ist, wohl so beträchtlich werden, dass ein schwacher Boden aufwärts gehoben und zerbrochen wird. Der entgegengesetzte Fall ist weniger nachtheilig. Wenn nämlich die Quellen sich unter dem Unterhaupte hinziehen, und der Wasserdruk der gefüllten Kammer die obere Fläche des Bodens trifft, während die untere Fläche nur dem Drucke des Unterwassers ausgesetzt ist, so wird der Boden, insofern er nicht in grossen Flächen frei liegen sollte, diesem Drucke sicher Widerstand leisten. Es ist auch wohl nie vorgekommen, dass ein Schleusenboden oben nach unten eingebrochen wäre, wogegen manche Beispiele ein Heben desselben, also einen aufwärts gerichteten Bruch gezeigt haben. Dieser Gefahr begegnet man zuweilen dadurch, dass man den Boden absichtlich nicht wasserdicht macht, und es wird sogar von einigen Baumeistern empfohlen, die Fugen zwischen den Bohlen des Bodens nicht zu dichten<sup>\*)</sup>. Die zuerst erwähnten Uebelstände eines undichten Bodens sind indessen wohl vorzugsweise zu berücksichtigen, und es ist daher angemessener, für die möglichste Wasserdichtigkeit des Schleusenbodens und zugleich für die gehörige Festigkeit desselben zu sorgen. Die Englischen und Französischen Baumeister sind auch stets bemüht dieses zu erreichen, und in Holland, wo hölzerne Schleusenböden beinahe ausschliesslich vorkommen, wendet man die grösste Vorsicht an, sie so wasserdicht und zugleich so fest als möglich zu machen. Ich muss aber noch erwähnen, dass man bei den ältern Schleusen

<sup>\*)</sup> Eytelwein, praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. IV. Heft Berlin 1808. Seite 52.

hiesiger Gegend den nicht gedichteten Boden auch an beiden Seiten vor den Kammermauern mit starken Spundwänden zu umgeben pflegte, die allerdings die bezeichneten Nachtheile zum Theil aufhoben.

Die massiven Kammerböden sichert man gegen den aufwärts gerichteten Druck, indem man sie mit einem verkehrten Gewölbe bedeckt. Dieses muss aber, wenn es seinen Zweck gehörig erfüllen soll, mit hinreichend starken Widerlagern versehen sein, oder in die Kammermauern eingreifen und sich vollständig gegen diese stützen. Hieraus ergibt sich die Regel, dass man zuerst das Gewölbe ausführt, und zwar beginnt man in dessen Mitte, oder mit dem Versetzen derjenigen Schicht, welche die Schlusssteine enthält. Die nächsten Schichten werden zu beiden Seiten gleichmässig dagegen gemauert und man sorgt dafür, dass sie immer in festen und geschlossenen Lagerfugen sich berühren. Die letzten Schichten dürfen zwar nicht mit ihren obern Flächen in die Kammermauern treten, weil sie in diesem Falle den Verband derselben unterbrechen würden, aber die Lagerfugen, welche die Bogen begrenzen, müssen vollständig in diesen Mauern liegen, wie Fig. 262 c und Fig. 271 zeigen. Man darf hiernach, da Kammermauern vor der Beendigung des Bodens nur bis zur Höhe der aussern oder untern Fläche dieses verkehrten Bogens aufmauern, und erst nachdem dieser vollendet ist, wird die horizontale Steinschicht, welche den Bogen begrenzt, scharf schliessend dagegen gesetzt. Die hierauf ruhende Mauer wirkt alsdann in derselben Art, wie sonst das Widerlager.

Bei der in Fig. 262 dargestellten Kanalschleuse liegt das Gewölbe, ohne alle Untermauerung, unmittelbar auf dem Thonschlage, und dieser ist zuvor nach der cylindrischen Form abgeglichen, so dass er den Lehrbogen bildete, auf dem man das Gewölbe aufmauern konnte. Diese Konstruktionsart ist bei den kleinen Kanalschleusen in England nicht ungewöhnlich, auch rechtfertigt sie sich bei mässigen Dimensionen der Schleusen, wenn der Untergrund aus einem festen und wasserdichten Klai-boden besteht. Dagegen ist es für grosse Schleusen und bei ungünstigem Baugrunde nothwendig, die künstliche Fundirung auch unter dem verkehrten Gewölbe fortzusetzen, wie Fig. 261 d zeigt. Dasselbe ist nicht nur ein 3 Fuss starkes Béton-Bette ausgeführt,



sondern sitzen auch in der Mitte 14 und an den Seiten 2 Fuss hoch übermauert. Bei den Schleusen des Marne-Rhein-Kanals, die grossentheils auf festem Kiese gebaut sind, ist die Untermauerung aus Bruchsteinen in der Mitte des Kammerbodens 2 Fuss 4 Zoll stark. Das darauf ruhende Gewölbe besteht aus roh bearbeiteten Hausteinen von 11 Zoll Höhe. Letzteres lehnt sich gegen eine vor die Mauern vortretende Werksteinschicht. Fig. 271 zeigt den Querschnitt durch die Kammer dieser Schleuse mit der Ansicht des senkrechten Abfallbodens. Bei grössern Schleusen muss man dem massiven Kammerboden eine viel bedeutendere Stärke geben, die zuweilen sogar 6 bis 7 Fuss beträgt.

Die bereits erwähnte Schleuse in Hull (Fig. 270), auf einem Pfahlroste fundirt, hat einen gewölbten Boden, der in der Mitte der Kammer unmittelbar auf dem Roste aufliegt. Das Gewölbe, aus Ziegeln in Pozzolan-Mörtel ausgeführt, ist 2 Fuss 3 Zoll stark, und besteht, wie in England üblich, aus drei concentrischen Bogen, die ohne Verband stumpf über einander liegen. Der Rost dieser Schleuse ruht auf Pfählen, die in beiden Richtungen und zwar eben sowohl unter den Mauern, wie unter dem Kammerboden im Abstände von 5 Fuss von Mitte zu Mitte eingerammt sind. Rostschwellen, nach der Länge der Schleuse gestreckt, verbinden die Pfähle reihenweise unter einander. Der Grund ist bis 1 Fuss tief unter diesen Schwellen ausgebaggert, und bis zur Oberfläche der Schwellen in Bruchsteinen und Mörtel ausgemauert. Darüber sind die Grundbalken, die eben so, wie die Schwellen, aus Kiefernholz bestehen. Sie sind 12 Zoll breit, aber nur 6 Zoll hoch und liegen so nahe neben einander, dass die lichten Zwischenräume nur 12 Zoll breit sind. Letzere sind mit Ziegeln sorgfältig ausgemauert, und in den Häuptern noch mit einer zusammenhängenden Lage getheerten Filzes überdeckt. Darüber endlich ist der Bohlenbelag, aus 6zölligen Ellern-Bohlen bestehend, aufgenagelt, der das Mauerwerk trägt.

Der Kammerboden besteht andererseits, wie bereits erwähnt, selbst bei massiven Schleusen zuweilen nur aus Holz. Die bereits beantwortete Frage, ob der Boden wasserdicht sein soll, oder nicht, kommt besonders in diesem Falle zur Sprache, denn bei massiven Böden hat man wohl immer die Absicht, sie

wasserdicht zu machen. Ich werde in mehreren Beispielen verschiedene Arten von hölzernen Kammerböden beschreiben.

Bei der in Fig. 265 dargestellten Amerikanischen Schleuse (am James River und Kanawha Canal) ist ein liegender Rost gewählt, der bei Schleusen nur selten vorkommt. Seine Anordnung erscheint insofern gewiss nicht zweckmässig, als zwei Spandwände darunter stehen, von denen man annehmen muss, dass sie fest eingernimmt sind, und sonach für die darauf lastenden Theile im Setzen verhindern, während der übrige Bau den natürlichen Boden wahrscheinlich etwas comprimirt. Die Schwellen des Rostes, aus Kiefernholz bestehend, und 12 Zoll im Gevierten stark, erstrecken sich durch die ganze Breite der Schleuse, und zwar bis zu den grössern Banketten der Kammermauern. Der lichte Zwischenraum zwischen den Schwellen beträgt 6 Zoll. Unter den Schlagschwellen liegen sie aber unmittelbar neben einander. Sie sind nur auf den natürlichen Boden gebettet, der deshalb vorher horizontal geebnet ist. Der Raum zwischen je zwei Schwellen ist mit Puddle (Thon mit eingemengten Steinstückchen) ausgefüllt. Darüber ist ein  $2\frac{1}{2}$  Zoll starker Bohlenbelag mit 9zölligen eisernen Nägeln genagelt. Derselbe trägt die Kammermauern, während er im Kammerboden noch mit einem 2 Zoll starken Belage überdeckt ist, der wieder mit eben so langen Nägeln auf die Schwellen genagelt ist. Die Stösse der beiden Beläge überdecken sich gegenseitig, und die obern Bohlen sind möglichst scharf zusammengetrieben, und schliessen sich auch an die Mauern scharf an \*).

Eine besondere Erwähnung verdient die am Long-Sault Canal angewendete Construction des Schleusenbodens. Dieser Canal wird von den grossen Dampfschiffen benutzt, welche den St. Lorenz-Strom befahren, indem er die Wasserfälle des Letztern unterhalb des Erie-Sees umgeht. Die Schleusen sind 55 Fuss rheinländisch weit. Da jedoch diese Weite in der Nähe des Kammerbodens nicht erforderlich war, so sind die Kammermauern in untern Theile so stark geböscht, dass der Boden nur auf 1 Fuss frei liegt. Auch hier hat man den liegenden Rost

\*) *Reports, specifications and estimates of public works in the United States of America.* London 1841. pag. 135.

angewendet, jedoch denselben mit einem umgekehrten Sprengwerke versehn. Unter den Kammermauern, die am Fusse 13 Fuss stark sind, liegen die Rostbalken nach der Quere und zwar im Abstände von 2 Fuss von Mitte zu Mitte. Sie dienen jedesmal als Widerlagen des erwähnten Sprengwerkes. Der Scheitel desselben ist nahe 3 Fuss gesenkt, und die Streben bestehen aus zwei hochkantig verlegten Halbhölzern, die an beiden Enden, im Stosse und ausserdem noch jedesmal in der Mitte, also im Ganzen auf fünf Langschwellen liegen. Um die Streben recht fest gegen einander zu treiben, sind, nachdem sie bereits verlegt waren, eichene keilförmige Dübel in sämtliche Stösse getrieben. Auf diesen Streben befindet sich ein doppelter Bohlenbelag, und der Raum darüber ist bis zu den eigentlichen Grundbalken mit einem festen Thonschlage ausgefüllt. Die Grundbalken gehen in gerader Richtung von einer Mauer bis zur andern, und greifen in beide ein. Sie bilden den eigentlichen Schleusenboden.

Die Häupter der sechs Schleusen dieses Canales sind grossentheils auf Pfahlrosten gegründet, doch hat man zuweilen, wo der Boden etwas fester war, auch hier den liegenden Rost mit dem umgekehrten Sprengwerke gewählt. Da jedoch die lichte Weite in der Mitte der Thor-Nischen 60 Fuss betrug; so musste dabei eine wesentliche Verstärkung des Sprengwerkes eintreten. Die Grundbalken sind zugleich Rostbalken der Mauern. Jeder dieser Balken ist zweimal gestossen, und Harkenkämme dienen zur Verbindung seiner Theile. Die Streben des Sprengwerkes greifen jedesmal mit dreifacher Versatzung in die Balken unter den Mauern und elf kurze senkrechte Säulen, so wie vierzehn starke Bolzen sichern den Abstand der Streben von dem Balken und verbinden sie mit einander \*).

Bei uns pflegt man die hölzernen Schleusenböden in der Weise anzuordnen, wie Fig. 268 auf Taf. LXI darstellt. Sie ruhen auf einem Pfahlroste, und die Pfähle stehen, sowohl nach der Länge als nach der Breite der Schleuse in Reihen. Die Entfernung der Quer-Reihen von einander beträgt etwa 4 Fuss

---

\*) *Michel Chevalier histoire et description des votes de communication aux États Unis. Vol. II, Paris 1841, pag. 300.*

Mitte zu Mitte, die der Längendreihen ist dagegen unter dem Ammerboden grösser, als unter den Mauern. Das Gewicht und die Breite der Mauern bedingt im letztern Falle diese Entfernung, während die Reihen unter dem Boden etwa 5 Fuss von Mitte zu Mitte abstehen. Spundwände pflegt man in neuerer Zeit unter den Kammern nicht anzubringen, während früher, wie schon erwähnt, der Rost der Mauern auf der innern Seite, also gegen den Ammerboden durch starke Spundwände eingeschlossen wurde. Die schwachen Spundwände auf den äussern Seiten der Wände dienen vorzugsweise nur zur Mässigung des Quellwassers während des Baues. Die Pfähle unter den Mauern werden durch Rostschwellen mit einander verbunden, die also wie gewöhnlich in der Richtung der Mauer liegen. Die Zangen des Rostes sind zugleich die Grundbalken des Ammerbodens. Sie überschneiden die Rostschwellen so tief, dass sie nur um die Stärke der Rostschellen darüber vorragen, und sind unter dem Ammerboden auf die Pfähle aufgezapft. Diese Pfähle sind zu diesem Zwecke mit starken Zapfen versehen, die durch die Grundbalken hindurch gehen. Nachdem letztere aufgebracht sind, wird jeder Zapfen durch zwei von oben eingeschlagene sich kreuzende Holzkeile aufgespalten und in beiden Richtungen fest angetrieben, so dass das Abheben des Grundbalkens nicht erfolgen kann, wenigstens solange der Zapfen noch fest ist. Man pflegt auch wohl das Zapfenloch an der obern Seite etwas zu erweitern, damit die Zapfen beim Auseinandertreiben die pyramidale Gestalt annehmen, und die Grundbalken um so sicherer halten. Ich muss erwähnen, dass manche Baumeister eine grössere Sicherheit noch dadurch zu erreichen glauben, dass sie die Pfähle versetzen, und dieselben abwechselnd auf der einen und der andern Seite der Grundbalken etwas vortreten lassen. Die Balken werden alsdann in den starken Blattzapfen eingeschlossen und mit diesen durch Ketten verbunden. Die Konstruktion ist dieselbe, die bei Wehren und Freitreppen häufig vorkommt, und oben (§. 87) beschrieben ist. Es ist in der That nicht in Abrede zu stellen, dass unter einem undichten Schleusenboden, wo also ein Durchquellen des Wassers bald in der einen und bald in der andern Richtung bemerkt werden muss, die aufgespaltenen und umgebogenen folglich schon stark beschädigten Zapfen wenig Haltbarkeit für die Dauer



versprechen, woher die letzte Methode, obwohl sie seltener gewählt wird, den Vorzug verdienen dürfte.

Zwischen den Pfählen hebt man etwa 2 Fuss tief den Grund aus, und bringt statt dessen einen festen Thonschlag ein, der sowohl unter den Mauern als unter dem Kammerboden bis zur untern Fläche des Bohlenbelages fortgesetzt, und hier horizontal ausgeglichen wird. Der Bohlenbelag unter den Mauern, der also den Belag des Rostes bildet, liegt indessen tiefer, als derjenige der den Kammerboden bedeckt. Jener wird nämlich zwischen die Zangen oder Grundbalken gelegt und bildet mit den obern Flächen derselben eine Ebene, dieser dagegen liegt auf dem Grundbalken, wie die Figur zeigt. Es kommt hier nur darauf an, über den letzteren Einiges mitzutheilen. Man wählt dazu gewöhnlich 4zöllige Bohlen, die entweder stumpf oder auch wohl mit halber Spundung zusammenstossen, deren Dichtung aber, wie bereits erwähnt, absichtlich unterlassen wird. Dass die Stösse immer in die Mitte der Grundbalken, jedoch nicht in zu grosser Anzahl auf denselben Grundbalken treffen müssen, bedarf kaum der Erwähnung, es gilt aber auch hier die bei Gelegenheit der hölzernen Wehre gegebene Regel, die Stösse nicht einzeln, sondern gruppenweise abwechseln zu lassen, damit man nicht gezwungen ist, allen Bohlen, die sich mit der schmalen Seite berühren, eine gleiche Breite zu geben. Die Bohlen werden neben den Stössen mit eisernen, auf den zwischen liegenden Balken aber mit hölzernen Nägeln befestigt. Zuweilen steckt man in jeden hölzernen Nagel und zwar in das untere Ende noch einen hölzernen Keil, der, sobald er den Boden des Bohrloches berührt, den Nagel spaltet und dessen beide Hälften festklemmt, während er tiefer in den Nagel eindringt. Eine solche künstliche Verbindung, die leicht missglückt und in diesem Falle sogar nachtheilig wirkt, die aber, nachdem sie ausgeführt worden, gar nicht untersucht und geprüft werden kann, ist um so bedenklicher, wenn sie sich vielfach wiederholt und daher den gewöhnlichen Zimmerleuten anvertraut werden muss. Viel vortheilhafter ist es ohne Zweifel, den festen Schluss auf andere Art herbeizuführen, und hierzu bietet sich in der Benutzung des künstlich getrockneten Holzes ein einfaches und ganz sicheres Mittel. Die Nägel werden nämlich aus solchem Holze ausgeschnitten, und bis zur Verwendung sorgfältig

vor dem Feuchtwerden geschützt. Ob die Nägel und die Bohrer, womit die Nagellöcher gebohrt werden, die angemessene Stärke haben, ist leicht zu prüfen; der Nagel muss aber, wenn er noch trocken ist, schon so fest schliessen, dass er nur mittelst starken Schläge eingetrieben werden kann. Wenn er alsdann die Fruchtigkeit des Grundes anzieht, und beim Quellen sich auszieht, so schliesst er so fest, dass ein späteres Ausziehen davor nicht besorgt werden kann. Man könnte das Quellen der Nagel noch bedeutend vermehren, wenn man nicht nur ganz trockenes, sondern auch stark gepresstes Holz dazu benutzen wollte, wie dieses zu gleichem Zwecke beim Befestigen der Schienenstühle auf den Eisenbahnschwellen oft angewendet wird. Das erste Mittel scheint indessen den Anforderungen beim Schleusenbau schon vollständig zu genügen.

Die Holländischen Schleusen erhalten jederzeit einen wasserdichten Kammerboden, man wendet wenigstens die möglichste Sorgfalt an, um dieses vollständig zu erreichen. Ich will die Mittel, deren man sich hierzu bedient, ausführlich beschreiben, theils nach Mittheilungen aus dem bereits erwähnten Werke von Baud<sup>\*)</sup>, theils aber aus Notizen, die ich auf mehreren Reisen nach Holland selbst gesammelt habe.

Insofern der Boden der Kammer wasserdicht ist, wird derselbe dem erwähnten, von unten nach oben gerichteten Drucke des Wassers ausgesetzt, und man muss daher durch angemessene Gewichtsmassregeln das Aufheben des Bodens verhindern. Abzusehen von der Uebertragung des Druckes der Kammermauern auf den Boden, die nicht immer und namentlich bei breiten Schleusen und hölzernem Boden als genügend angesehen werden kann, kann man den Boden nur an die darunter stehenden Pfähle festigen. Es leuchtet aber ein, dass die Sicherheit um so grösser wird, mit je mehr Pfählen der Boden verbunden ist. Aus diesem Grunde stellt man die Pfähle unter dem Kammerboden eben so dicht, wie die Rostpfähle unter den Mauern. Dieses rechtfertigt sich dadurch, dass mit der Höhe und dem Gewichte der Mauern auch die Breite des Bodens, und zugleich der Druck, dem der-

<sup>\*)</sup> *Procees van eenen Cursus over de Waterbouwkunde door Baud. II. Deel. 1838. pag. 159 ff.*

selbe möglicher Weise ausgesetzt werden kann, zuzunehmen pflegt. Selbst bei den Schleusen im Nordholländischen Kanale, wo die Mauern ungefähr 28 Fuss hoch sind, stehen die Rostpfähle unter diesen oben so weit von einander entfernt, wie die Grundpfähle unter dem Kammerboden, nämlich in beiden Richtungen 3 Fuss von Mitte zu Mitte. Ausserdem sichert man die Pfähle unter dem Kammerboden gegen das Heben häufig noch dadurch, dass man sie, wenn sie aus Rundholz bestehen, verkehrt, also dem Stammende nach unten einrammt (§. 38).

Die Pfähle der einzelnen Reihen werden jederzeit durch die Schwellen (Kaspen) verbunden, die normal gegen die Achse der Schleuse gerichtet sind und gewöhnlich etwa noch einen Fuss weit vor die äussere Fläche der Kammermauern vortreten. Die Pfähle sind in der Mittellinie jeder Schwelle mit möglichst breiten und 2½ Zoll starken Zapfen versehen, die bis über die Oberfläche der Schwellen reichen. Die Zapfenlöcher erweitern sich kegelförmig nach oben, und nachdem die Schwellen verlegt sind, werden in jeden Zapfen zwei Keile fest eingetrieben (Fig. 272). Dieses Verfahren stimmt sonach mit dem bei uns üblichen überein, es rechtfertigt sich indessen in diesem Falle vollständiger, weil unter dem wasserdichten Boden die gespaltenen Zapfen nicht vom fließenden Wasser berührt werden. Wenn die Länge der Balken, die man zu diesen Schwellen benutzt, nicht ausreicht, so werden die Stösse durch lange sich überdeckende Blätter gebildet, Fig. 272 zeigt. Jedes Blatt trifft in der Mitte auf einen Pfosten, dessen Zapfen also die Verbindung beider Blätter darstellt. Ausserdem werden jedoch mehrere hölzerne Nägel oder auch wohl gehackte (mit Widerhaken versehene) eiserne Bolzen zur vollständigeren Darstellung dieser Verbindung benutzt. Soviel geschehen kann, legt man diese Stösse unter die Mauern, sorgt aber auch dem noch dafür, dass sie möglichst abwechseln.

Bei grössern Schleusen und beinahe jedesmal wenn die Kammer massive Mauern haben, legt man über die erwähnten Schwellen oder Grundbalken noch Langschwellen (Sandstracken), also die Stelle der Zangen vertreten. Dieselben fehlen unter kleineren Mauern niemals, wenn sie auch bei kleinen Schleusen im Kammerboden nicht vorkommen. In den Ueberkreuzungen sind sie ebenfalls wenig eingeschnitten, und ragen daher über dem Bohlenbelag



unmittelbar auf den Querschwellen angebracht ist, etwa 4 Zoll vor. Sie verhindern sonach das Durchdringen einzelner Wasserströme durch die Fuge zwischen dem Mauerwerke und dem Roste, wenigstens wird die Bildung solcher Adern sehr erschwert, indem dieselben durch jede Schwelle unterbrochen werden. Ausserdem sah man in Holland auch von der Ansicht aus, dass die vordrängenden Schwellen eine mögliche Verschiebung der Mauer in Folge des Erddruckes verhüten sollen.

Die Langschwellen müssen, wenn sie unter dem Kammerboden angebracht sind und den Bohlenbelag tragen, ebenso wie die Querschwellen in innige Verbindung mit den Pfählen zu sein. Zu diesem Zwecke wendet man verschiedene Mittel an. Wenn die Besorgniss des Abhebens nicht besonders gross ist, verbindet man die beiden Schwelllagen nur durch starke eiserne Bolzen, die mit Widerhaken versehen sind, weilen begnügt man sich sogar mit hölzernen Nägeln, die jedoch schräge und zwar zwei in jeder Durchkreuzung eingetrieben werden. In Fällen, die mehr Vorsicht erfordern, stellt man die Pfähle in den einzelnen Reihen weiter auseinander und bringt dazwischen noch Zwischenreihen von Pfählen an. Man streckt alsdann die Querschwellen nur über jede zweite Pfahlreihe, und diejenigen Langschwellen, welche auf diese Art nicht getroffen werden, dienen zum Stützen der Querschwellen. Fig. 275 zeigt diese Verbindung.

Bei den Schleusen des Nordholländischen Kanales wurden die Querschwellen und Langschwellen so verlegt, dass jede Durchkreuzung auf einem Pfahl traf. Die Pfähle wurden mit Zapfen von quadratischem Querschnitt und zwar in jeder Seite 3 Zoll breit versehen. Die Länge derselben betrug nahe 2 Fuss; sie wurden daher durch beide Schwelllagen hindurch und wurden, nachdem diese aufgebracht waren, jedesmal durch einen Keil auseinander getrieben, so dass sie die am obern Ende etwas erweiterten Zapfenlöcher der obern Lage vollständig füllten.

Bis zur Höhe derjenigen Schwellen, welche den ersten Bohlenbelag tragen, wird der Raum jedesmal mit einem sorgfältig angetampften Thonschlage ausgefüllt. Hierüber nagelt man den Belag aus 3 bis 4 zölligen Bohlen bestehend, und zwar so, dass derselbe wasserdicht aufgebracht. Zu diesem Zwecke werden gesäumten Bohlen vor dem Annageln recht scharf gegen ein-

ander getrieben, und damit sie sich wirklich gegenseitig genau an einander schließen, pflegt man sie an den Seiten etwas zu schiefen, so dass sie sich nur mit den untern Rändern berühren. Fig. 273 zeigt diese Anordnung, welche ohne Zweifel ein gutes stängiges Anschließen sehr befördert. Den dichten Schluss giebt man den Bohlen, indem man vor jeder einzelnen derselben eine Klammer in den Schwellen einschlägt und durch vorgetriebene Keile sie scharf gegen die bereits festgenagelte Bohle treibt. Fig. 273 deutet diese Vorkehrung an. Alsdann erfolgt das Nageln und zwar theils mit eisernen und theils mit hölzernen Nägeln.

Die Fugen zwischen den Bohlen werden in derselben Weise gedichtet, wie dieses bei den Schiffen geschieht. Man dichtet sie nämlich in ihrem obern Theile bis auf  $\frac{1}{4}$  Zoll, was dieses nicht etwa durch die bereits erwähnte Schiefung gefährlich geworden ist, und treibt mit stumpfen Eisen lockere Züge von Werg \*) möglichst fest hinein, und zwar so tief, dass die Fugen noch etwa  $\frac{1}{4}$  Zoll hoch frei bleiben. Dieser übrigbleibende Raum wird alsdann mit heissem Pech ausgegossen, und nach der Erhärtung wird letzterer, soweit er über dem Bohlenbelage vorsteht, abgekratzt. Man nennt diese ganze Operation *kalfatern*. Kommen in einzelnen Planken Windrisse oder andere unrichtige Stellen vor, so werden diese in derselben Art, wie die Fugen behandelt.

Man begnügt sich indessen nicht damit, die Fugen in dieser Weise zu dichten, vielmehr begegnet man auch noch der Bildung von Wasseradern nach der Längsrichtung der Fugen dadurch, dass man hin und wieder, wie Fig. 273 b zeigt, hölzerne Nägel hineintreibt, und zwar geschieht dieses unmittelbar nach dem Annageln der Bohlen, also vor dem Kalfatern des Bodens.

Auf den Bohlenbelag werden in den meisten Fällen noch Streckbalken (Schwalpen) gelegt und zwar jedesmal in der Art, dass sie genau über diejenigen Schwellen treffen, welche den Belag tragen, wie Fig. 267 und 269 zeigen. Auch diese Balkenlage muss mit den Pfählen verbunden werden, damit sie nicht etwa durch den Wasserdruck abgehoben werde. Eine unmittel-

---

\*) Werg nennt man die lockere Masse, welche man durch das Aufdrehen und Auseinanderziehen alter Tauen gewinnt.

Modung mit den Pfählen ist hierbei nicht mehr ausführbar, Balken werden daher an die erwähnten nächsten Schwellen, ob genau darunter liegen müssen, verdübelt oder verbolzt. Wirkt diejenigen Verbindungsarten, die am meisten üblich sind, nämlich den gehakten Bolzen, den man nur durch den obern und den untern treibt; ferner einen schwalbenschwanzförmigen Bolzen aus Eichenholz, das Schlüsselstück genannt, würde nicht einzusetzen sein, wenn man es nicht der Länge nach zerschnitten hätte. Die beiden Theile werden einer nach dem andern eingeschoben, und hierauf durch einen wenig über den Balken genau passenden Keil auseinander getrieben, wodurch eine sehr sichere Verbindung darstellen sollen. Endlich Schraubenbolzen. Bei den Schleusen am Nordholländischen Canale hat man letztere gewählt. Sie wurden vor dem Verlegen der Schwellen in dieselben schon eingeschoben, und der vierseitige Kopf war in die untere Fläche des Holzes versenkt, um das Herausziehen des Bolzens beim spätern Anziehen der Schrauben zu verhindern.

Die Felder zwischen den obern Balken werden demnächst mit Klinkern in Trassmörtel ausgemauert. Die Mauern setzen sich unmittelbar darüber fort, der Kammerboden erhält aber noch einen zweiten Bohlenbelag, der gleichartig ist und auf dieselbe Art auch in den äussern Fugen, zwischen den Mauern bilden, gedichtet wird. Manche älteren Schleusen in Holland, deren Lage für besonders gefährlich erachtet wird, sind über dem beschriebenen doppelten Boden nochmals auf einer ausgemauerten Balkenlage und einem dritten gedichteten Boden versehen.

Es ist endlich wäre noch in Betreff der Schleusenkammern zu bemerken, dass dieselben in manchen Fällen gar nicht ausgehauet, sondern nur, wie der Kanal selbst, durch Erdböschungen begrenzt sind und die gewöhnliche Kanalsole zum Boden bilden. Die Schleuse besteht also in diesem Falle nur aus den Ufern. Dass eine solche Anordnung in Betreff der Wasserverbrauchung und folglich auch wegen des grössern Abflusses beim Füllen und Entleeren der Kammern sehr nachtheilig ist, bedarf kaum der Erwähnung, auch ist das Abstürzen der Ufer, veranlasst durch den häufigen Wechsel des

Wasserstandes, dabei ein grosser Uebelstand. Die Schleusen dieser Art haben jedoch gewöhnlich nur ein sehr geringes Gefälle, und sie bestanden vielleicht jedesmal ursprünglich nur in einem einzelnen Haupte, oder in einer Sperrschleuse, die das Hochwasser abhalten sollte, während man sich später zur Erleichterung der Schifffahrt oder um den Kanal nicht dem fortwährenden Wechsel des Wasserstandes aussetzen, zur Anlage eines zweiten Hauptes und zur Umwandlung des Banes in eine Kammer- oder Kammerschleuse entschloss.

## §. 102.

**Die Schleusenhäupter.**

Die Schleusenhäupter, worin die beweglichen Stauvorrichtungen, nämlich die Thore sich befinden, müssen nicht nur hinreichende Festigkeit haben, um dem Drucke des Oberwassers sich zu widerstehen, sondern sie sind auch möglichst wasserdicht anzuführen, damit nicht etwa zur Seite, oder unter dem Boden Quellen sich hindurchziehen, die, abgesehen von dem Wasserverlust, die Erde fortspülen und dadurch den ganzen Bau gefährden könnten. Diese Vorsicht ist aber eben sowohl beim Unterhaupt, wie bei dem Oberhaupt nothwendig, weil beide beim Durchgange der Schleuse abwechselnd das Oberwasser begrenzen. Wenn die Schifffahrt zur Zeit der höchsten Anschwellungen unterbrochen ist, so wird, wie bereits erwähnt, nur die Oberhäupter so hoch herauf geführt, dass sie die Durchströmung der Schleuse und des Schleusenkanales verhindern, während die Unterhäupter nur dem Stande des höchsten schiffbaren Oberwassers entsprechen. Aus diesem Grunde ist das Oberhaupt zwar einem höhern Wasserstande, das Unterhaupt ausgesetzt, man pflegt aber zur Sicherung zuersten den Wasserdruck möglichst gleichmässig auf beide zu vertheilen, indem man die Schleusenkammer zum Theil anfüllt. Andererseits vermindert sich auch das Gefälle der Wehre bei steigendem Wasser, und verschwindet häufig fast ganz zur Zeit der höchsten Anschwellungen. Der Wasserdruck, dem das Oberhaupt in solchem Falle ausgesetzt wird, ist demnach nicht bedeutend, und man befolgt daher ganz allgemein die Regel, dass man bei der Sicherung des Ober- und Unterhauptes gleiche Vorsicht wendet.

Die Häupter haben eben sowohl, wie die Schleusen-Kammern, massive und theils hölzerne Boden und Wände. Es geht auch häufig, dass man ihren Boden aus Holz construiert, auf massive Mauern zur Seite darauf stellt, wogegen der massive Boden nicht selten auf einem Pfahlroste fundirt wird, dessen Anordnung der Einrichtung des hölzernen Bodens entspricht. Hier scheint es am angemessensten, mit der Beschreibung der Construction den Anfang zu machen.

Bei der sehr einfachen und leichten Anordnung der Amerikanischen Schleusen ist bereits die Rede gewesen. Dieselbe ist auch in dem Boden der Häupter und in der Verbindung der Schlagschwellen mit demselben zu erkennen. Der einzige Unterschied dieses Bodens gegen den Kammerboden besteht bei den Schleusen im Kanawha-Canal und am James-River, wie Tab. I.X zeigt, darin, dass unter den Schlagschwellen zwei Schwellen unmittelbar neben einander liegen und sich gegen die Wand lehnen. Der im Oberhaupte angebrachte zweite Boden aus Balkenholz bestehend, hat vorzugsweise wohl nur den Zweck, die Schlagschwellen etwas zu heben und dadurch die Höhe der Kammer zu vermindern. Die beiden Schlagschwellen, so wie die zwischen beiden sind nur durch starke eiserne Bolzen verbunden. Die für diesen Bau gestellten Contract-Bedingungen erfordern keine weitere Vorsicht bei Aufbringung der Schlagschwellen, als sorgfältige Bearbeitung und scharfen Schluss gegen die Wände.

In den Englischen Schleusen werden die hölzernen Dremel-sole auch vorkommen, gleichfalls nur mit starken Bolzen verbunden. Als Beispiel dieser Anordnung mag wieder die Schleuse im Hafen zu Kingston-upon-Hull dienen \*), von der bereits im vorigen Paragraph die Rede war, und deren Kammer Fig. 270 im Längsdurchschnitte dargestellt ist.

Die Schleuse dient zur Verbindung des Junction-Dock mit dem Humber-Dock und ist so angeordnet, dass die Schiffe hindurchgehen können, wenn der Wasserstand im ersten Dock niedriger ist, als im zweiten ist. Das Humber-Dock, welches unmittelbar



am Vorhafen liegt, wird nicht durch Fluththore geschlossen, vielmehr dient die Eingangs-Schleuse zu demselben, die gleichfalls zwei Häupter hat, nur um während der Ebbe das Hochwasser der Fluth zurückzuhalten. Es stellt sich also im Humber-Dock jedesmal der Stand des Hochwassers der See dar, der zuweilen bedeutend höher als der im Junction-Dock ist. Die beiden Thorpaare schlagen demnach nach der Seite des Humber-Dock auf. Jedes Haupt ist indessen noch mit einem zweiten Drempel und mit den zugehörigen Wendenischen und Thorkammerböden versehen, welche an beiden Enden der Schleusen und zwar an der Stelle liegen, wo die Schleusenmauern bereits in die Flügelmauern übergehen, und sonach kein Raum zur Bildung von Thor-Nischen übrig bleibt. Diese Anordnung vertritt nur die Stelle der bei gewöhnlichen Dammfälsen. Wenn nämlich eine Reparatur der Schleuse nöthig wird, werden die Thore vor die äussern Drempel gehängt, ohne dass sie daselbst geöffnet werden. Indem ein solcher Fall selten vorkommt, so ist die Vorsicht zur Sicherung dieser Drempel und Thorkammerböden nicht soweit getrieben, als bei den eigentlichen Thorkammern.

Die Schleuse ist 35 Fuss 5 Zoll Rheinländisch weit, 116 Fuss 6 Zoll zwischen den Thoren lang, und die Mauern erheben sich 24 Fuss 3 Zoll über die Drempel. Der Kammerboden ist, wie bereits erwähnt, massiv und besteht aus einem verkehrten Gewölbe, welches auf einem Pfahlroste ruht. Die Thorkammerböden sind dagegen nur in Holz erbaut, doch liegt in jedem Haupte zwischen beiden Thorkammerböden ein gleichfalls mit verkehrtem Gewölbe versehener massiver Boden von 9 Fuss Breite, der sich an die Seitenmauern anschliesst. Diese beiden Böden sind von dem Kammerboden insofern verschieden, als die Pfähle nicht durch Läng-, sondern Querschwellen verbunden sind, worauf die 6 Zoll starken Rosthohlen liegen. Diese Anordnung wurde durch die geringe Ausdehnung der Böden in der Längenrichtung der Schleuse bedingt.

Die Einrichtung der Thorkammerböden mit Einschluss der Drempel verdient eine besondere Erwähnung. Die Pfahlreihen sind in gleicher Art, wie in der Schleusenammer angeordnet, sie erstrecken sich nach der Länge der Schleuse, und sind 5 Fuss von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Die einzelnen Pfähle

sa sich in diesen Reihen oben viel näher, indem ihr Abstand von Mitte zu Mitte unter den äussern Thorkammerböden nur 14 Fuss, und unter den innern sogar nur 2 Fuss beträgt. Vor und hinter jeder Thorkammer befindet sich eine Spundwand, ausserdem ist eine solche auch noch in der Mitte jeder Kammer unter den eigentlichen Schleusenthoren angebracht. Diese fünf Querspundwände jedes Hauptes reichen über die Holme oder Rostschwellen herauf bis zur Oberfläche der darauf liegenden Querbalken. Letztere liegen in den beiden innern Thorkammerböden, also unter den eigentlichen Schleusenthoren, dicht geschlossen neben einander, und lehnen sich an die Spundwände, die wieder von den anschliessenden massiven Böden gestützt werden. Sie bestehen, so wie der ganze Rost, aus Kiefernholz, welches aus Homel bezogen war. Man hatte beabsichtigt, Balken aus Ellernholz dazu zu verwenden, weil dieses beim Eintreiben der Bolzen weniger spaltet, auch letztere fester darin haften; man konnte jedoch das Ellernholz nicht in den erforderlichen Dimensionen erhalten, und musste sich daher zur Benutzung des Kiefernholzes entschliessen. Diese Balken hielten, nachdem sie sehr sorgfältig bearbeitet waren, 12 Zoll Englisches Mass im Gevierten, und waren 56 Fuss lang, indem sie unter die beiderseitigen Mauern und sogar noch darüber hinausreichten. Man verlegte diese Balken, nachdem der Grund einige Fuss tief zwischen den Pfählen und Rostschwellen ausgemauert war, so, dass zuletzt in der Mitte zwischen je zwei Spundwänden der Raum für einen Balken frei blieb. Letztere verjüngte man etwas an den untern Flächen, so dass sie eine keilförmige Gestalt erhielten, und trieb sie darauf mit der Ramme ein, um die ganze Balkenlage scharf zusammenzudrängen und sie dadurch wasserdicht zu machen. Hierauf wurden die Balken einzeln mit eisernen Bolzen, die mit Widerhaken versehen waren, gegen die Rostschwellen genagelt. Es wird aber noch erwähnt, dass letztere vorher mit besonderer Vorsicht mit den Pfählen verbunden worden. Nachdem nunmehr die Oberfläche vollständig geebnet und namentlich die Spundwände in gleicher Höhe abgeschnitten waren, überdeckte man die ganze Fläche mit getheertem Filz und brachte darüber einen Belag von sorgfältig gefügten und scharf zusammengetriebenen 6zölligen Eiern-Buhlen auf.

Unter den beiden äussern Thorkammern, die nur zur Reparatur der Schleuse benutzt werden, ist eine etwas leere Construction angewendet, indem die Balken über den Rostschienen sich nicht unmittelbar berühren, vielmehr zwischen je zwei derselben ein 9 Zoll breiter Zwischenraum geblieben ist, der ausgemauert hat. Ausserdem fehlt hier auch die Filzdecke zwischen dem Bohlenbelage und den Balken.

Die Schlagschwellen dieser Schleuse, welche Fig. 1 auf Taf. LXVII in der Ansicht von oben zeigt, sind, wie in England üblich ist, gekrümmt, indem die Thore selbst die Krümmung bilden. Sie bestehen aus Amerikanischem Eichenholze von 18 Zoll im Gevierten. Die Beschaffung dieses Holzes war aber so schwierig, dass man sich begnügen musste, für den äussern Drempe 12zölliges Holz zu verwenden. Auch bei den eigentlichen Schleusen-Drempe 12 Zoll im Gevierten ist der Mittelbalken quer durch die Schleuse von einer Wendenische, bis zu der gegenüberstehenden reicht, nur 12 Zoll hoch und breit, und sieben Binder sind an der hintern Seite niedriger gehalten, sie sich sowohl an die Schlagschwellen, als an den Mittelbalken anschliessen. Die erwähnten Verbandstücke sind ausser der Zapfung auch in der obern, wie in der untern Fläche durch eingelassene eiserne Bänder mit einander verbunden, und sind 12 Zoll tief in den Bohlenbelag versenkt, um einen wasserdichten Abschluss mit demselben darzustellen. Mit langen gehakten Bolzen sind sie nicht nur mit den Querbalken, sondern auch mit den Schlagschwellen verbunden. Ausserdem dienen zu ihrer Verbindung mit diesen noch gewisse Dübel aus Eichenholz, deren Anordnung indessen in der Beschreibung nicht näher angegeben ist. Die Felder zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sind ausgemauert, und mit einem Bohlenboden überdeckt.

Eine besondere Vorsicht musste noch zur Schonung der Schlagschwellen angewendet werden, damit dieselben beim Ein- und Ausgehen der Schiffe nicht etwa beschädigt würden. Diese Vorsicht ist in den Dockschleusen sehr bedeutend, indem eines theils die meisten Schiffe mit Kupfer bekleidet sind, und dieses Kupfer auch die Bolzen, das Holz welches sie treffen stark angreift, andern theils aber auch der schnell wechselnde Wasserstand während der Zeit des Durchganges eines Schiffes sich leicht

das Schiff aber, wenn es auch schon die Schwellen berührt, doch hindurch gewunden werden muss, indem die Schleuse nicht geschlossen bleiben darf. Aus diesem Grunde sind zur Sicherung der Schwellen 12 Fuss lange und 5 Zoll starke gusseiserne Platten in der Mitte aufgenagelt, und ausserdem liegt in jedem Eingange der Schleuse ein 18 Zoll hoher eichener Balken, dessen Höhe ebenfalls mit der der Schwellen übereinstimmt, und da das Einlaufen von Schiffen, die zu tief gehn, verhindert.

Bei den Schleusen auf den Englischen Kanälen ist der Boden und selbst der Drempel überaus einfach angeordnet, und die Construction beider ist von der beschriebenen wesentlich verschieden. In vielen Fällen sind beide massiv, von diesen ist aber nicht die Rede: wenn aber der Holzbau gewählt wird, so liegt unter dem Mittelbalken eine Spundwand zu stehn, während selbst die Grundbalken nicht auf Pfählen liegen, also nur Schwellen eines liegenden Rostes sind. Der Bohlenbelag schliesst sich von beiden Seiten an die obere Fläche des Mittelbalkens an, indem er in Falze des Letzteren eingreift, und die Schwellen, welche den Anschlag der Thore bilden, sind mit Bolzen darauf genagelt. Trägt die Mitte der Schleuse nur 8 Fuss, so ist gemeinhin nur ein einzelnes Thor vorhanden, die Schlagschwelle besteht alsdann aus einem einzigen Holze, welches ganz auf dem Mittelbalken ruht. Bei Schleusen von 15 Fuss Weite werden dagegen Stemmthore angewendet, welche, wie Fig. 292 auf Taf. LXIV zeigt, die Schwellen schlagen, die gleichfalls nur auf den Mittelbalken ruhen, und keine weitere Unterstützung haben.

In Holland, wo die Schleusenböden wohl jedesmal nur aus Holz bestehen, ist man überaus sorgsam, dieselben in den Häuptern recht fest zu verbinden, und zugleich so wasserdicht, als möglich zu machen. Die Schlagschwellen liegen auch hier gemeinhin nur auf dem Boden auf, ohne in unmittelbarer Verbindung mit den Spundwänden zu stehn. Diese Constructionsart ist einfacher und wohlfeiler, als die bei uns übliche, während eine langjährige Erfahrung für ihre Solidität spricht, und ohne Zweifel eine grössere Wasserdichtigkeit dadurch erreicht wird. Es rechtfertigt sich daher gewiss, wenn sie hier speciell beschrieben wird \*).

\*) Die folgende Beschreibung ist wieder grossentheils aus dem erwähnten Werke von Raud entlehnt.



Die Anzahl der Spundwände beschränkt sich bei den gewöhnlichen Schleusen auf vier, und zwar sind sie sämmtlich nach der Quere gerichtet. An jedem Ende der Schleuse befindet sich eine, und wieder eine unter jedem Drempe, d. h. unter dem Mittelbalken, der die Schlagschwellen unterstützt. Unter den Schlagschwellen selbst, sowie unter den Thornischen, dem Abfallboden u. s. w. kommen bei Hollandischen Schleusen keine Spundwände vor.

Unter grossen Schleusen, die namentlich die hohen Fluthen der See abhalten müssen, bringt man ausserdem auch unter den äussern Dammbalken d. h. an den Stellen, wo bei Reparaturen die Dammbalken eingelegt werden, noch eine Spundwand an. Ganz gewöhnlich wird aber das Durchquellen des Wassers unter dem Roste, noch durch zwei Heerdmauern verhindert, die etwa 5 Fuss tiefer gegründet, und oft auf beiden Seiten durch leichte Spundwände eingeschlossen sind. Sie liegen unter beiden Eingängen der Schleusen. Fig. 277 b zeigt eine solche Heerdmauer, die auf dem Bohlenbelage eines besondern Pfahlrostes ruht.

Die Spundwände sind selten über 6 Zoll stark, und werden immer zwischen zwei festen Zwingen eingerammt, indem die unmittelbar daneben liegenden Grundbalken schon vorher aufgebracht und so verlegt sind, dass sie zwischen sich einen Raum lassen, der mit der Stärke der Spundwand genau übereinstimmt. Die Spundwände erstrecken sich jedesmal über die Breite der Schleuse hinaus und treten auf jeder Seite noch 5 bis 10 Fuss weiter vor, um auch hier die Bildung von Wasseradern zu verhindern. Hinter den Schleusenmauern sind die Spundwände mit keinem Fachbaume versehen. Sie reichen daselbst aber beinahe bis zur Höhe des Terrains herauf, und zur Verbindung der einzelnen Pfähle dienen Zangen, die nicht weit vom obern Ende zu beiden Seiten aufgebolzt, oder auch nur von einer Seite aufgegenagelt sind.

In dem Schleusenhaupte selbst schneidet man die Spundwände gemeinlich so hoch ab, dass sie etwa 1 Zoll über den unteren Bohlenboden vorragt. In diesem Fall unterbricht sie den letztern, dagegen laufen die Langschwellen, deren schon bei Beschreibung des Kammerbodens erwähnt ist, gewöhnlich über den Spundwänden, sowie auch unter den Drempehn ohne Unterbrechung fort. Sie sind jedoch an den Seiten eingeschnitten, so dass ihre Breite



Im Kreuzen der Spundwände sich um einige Zolle vermindert, ob sie unten mit einem Falz versehen, in welchen die Spundwand eingreift, und der Mittelbalken ist auf sie aufgekämmt. Fig. 276 a und d zeigt diese Anordnung, und man ersieht daraus, dass keine Wasserader sich zur Seite der Langschwelle ohne Unterbrechung hinziehen kann. — Nachdem der Bohlenboden aufgebracht und auch gegen die Spundwand gehörig abgedichtet ist, ist der vortretende Theil der Spundwand getheert, mit Moos überdeckt und in einen Falz auf der untern Seite des Mittelbalkens eingelassen.

Diese Constructionsart ist die gewöhnlichste, man weicht jedoch zuweilen davon ab, indem man entweder den Mittelbalken vollständig als Fachbaum behandelt, und die Spundwand ohne Unterbrechung in ihn eingreifen lässt, oder indem man andererseits eine solche Verbindung ganz umgeht, und der untere Bohlenbelag in Zusammenhänge über die Spundwand fortgeführt wird. Im ersten Falle werden auch die Langschwellen durchgeschnitten, und wenn sie von beiden Seiten stumpf gegen die Spundwand stoßen, wird der Längenverband des Bodens ganz unterbrochen. Die Langschwellen werden alsdann auch unter dem Mittelbalken durchgeschnitten, so dass sie in der Flucht des Bohlenbodens liegen.

Die andre Anordnung, wonach der Längenverband des Bodens vollständig erhalten wird, kommt häufiger vor, und besonders bei grossen Schleusen: Fig. 277 a und b zeigt dieselbe. Die Spundwand wird nämlich etwa 1 Zoll hoch über der Flucht der Grundbalken abgeschnitten, regelmässig bearbeitet, getheert und nachdem sie mit Moos überdeckt ist, in den genau passenden Falz des Bohlenbodens eingelassen. Um diesen Bohlenboden mit dem Mittelbalken in wasserdichte Verbindung zu setzen, schneidet man in den Seiten auch auf der obern Seite einen Falz ein, und dasselbe geschieht auf der untern Seite des Mittelbalkens. In diese beiden Fugen verlegt man alsdann eine sorgfältig bearbeitete, getheerte und durch Moos oder Löschpapier überdeckte hölzerne Feder.

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass der Mittelbalken jedesmal aus einem sehr starken Holze bestehen muss, indem er nicht nur dem Oberboden noch bis zur Höhe der Schlagschwellen herabstreicht. Er ist so lang, dass er 2 bis 3 Fuss von jeder Seite in die Schleusenmauern eingreift, an den Enden ist er ausgefalzt

(Fig. 276 b und 277 a) und umfasst hier entweder einen höheren Spundpfahl, oder wenn die Spundwand nicht unter den Boden vortritt, so ist der Einschnitt am Ende des Balkens sorgfältig und in gehörigem Verhältnisse ausgemessen. Jedem pflegt man, um das Durchdringen des Wassers durch den Mittelbalken möglichst zu verhindern, denselben noch ein Zoll tief in den Bohlenboden einzulassen, und getheilt dazwischen zu legen. Nur in dem Falle, wenn der Boden auf der untern Seite schon zur Aufnahme der Spundwand einem Falz versehen ist, muss der Mittelbalken stumpf werden, weil die Bohlen sonst zu sehr geschwächt werden. Dass übrigens die schon bei Gelegenheit des Kanals beschriebenen Vorsichtsmaßregeln hier vollständig wieder Anwendung kommen, um die möglichste Wasserdichtigkeit zu erhalten, und namentlich um die Bildung von Wasseradern und Fugen der Bohlen zu verhindern, darf kaum erwähnt werden.

Die eigentliche Befestigung des Mittelbalkens durch scharf eingetriebene Bolzen von 1 Zoll Stärke, die durch Haken versehen sind, dargestellt. Sie sind so lang, bis zur untern Fläche der beiden Grundbalken dringen, um die Befestigung um so sicherer zu machen, nimmt man nicht Eichenholz zu denjenigen Grundbalken, welche der Mittelbalken oder unter den Schlagschwellen liegen. Die Grundbalken werden aber, wie bereits früher erwähnt, sehr vorsichtig auf Pfähle befestigt, und es mag noch erwähnt werden, dass die Pfähle selbst verkehrt, also mit dem Stammende nach unten stehen. Sobald man einen starken Druck von unten nach oben ausübt, werden die Bolzen in Abständen von 3 Fuss und zweifach in den einen und den andern Grundbalken eingetrieben.

Was die Schlagschwellen betrifft, so sind diese weder eben so hochkantig, wie der Mittelbalken und die Grundbalken, dann gleich jenem auf dem untern Bohlenboden, oder eine geringere Höhe und liegen auf dem obern Hebel. Die letzte Anordnung ist wohl die gewöhnlichste, ich will daher der Beschreibung der ersteren den Anfang machen, um die einzige allgemeine Bemerkung vorangeschickt habe.

Die beiden Schlagschwellen bilden mit der vordern Seite des Mittelbalkens ein gleichschenkliges Dreieck, das

gerade dem nächsten Theile der Basis gleich ist. Die Thore schwingen gegen die äussern Flächen der Schlagschwellen, und man verlängert diese, wie Fig. 278 zeigt, so weit, dass die aus der Drehungsaxe des Thores gezogene Normale das Ende der Schlagschwelle trifft. Die Schwellen sind durch Versatzung und durch zwei Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Diese Zapfen sind aber doppelt, oder es liegen jedesmal zwei derselben an einander, wenn die Schlagschwellen eben so hoch, als der Mittelbalken sind.

An der Spitze des erwähnten Dreiecks sind die beiden Schwellen überblattet (Fig. 279), so dass der Stoss weder in der obern, noch in der untern Ansicht in die Mittellinie fällt. Der Zweck dieser Anordnung ist, das Absplittern zu vermeiden, welches leicht geschehen könnte, wenn man die Stossfuge nach der Ecke laufen liesse, und sonach das Holz unter einen spitzen Winkel abschneiden müsste.

Zur Unterstützung der Schlagschwellen gegen den Druck der Thore dient der Binder, der in der Mittellinie der Schleuse liegt. Er ist nach Massgabe seiner Höhe mit einfachen oder doppelten Zapfen mit dem Mittelbalken und den Schlagschwellen verbunden. Wenn die Thore sehr breit sind, und sonach ein Festhalten der Schlagschwellen besorgt werden könnte, wird jede Schwelle noch durch einen, auch wohl durch zwei Binder in gleicher Weise gegen den Mittelbalken gestützt.

Es ergibt sich aus der beschriebenen Anordnung, dass weder auf den Schlagschwellen, noch auf dem Mittelbalken der erforderliche Raum zur Befestigung der Pfannen für die Axen der Thore vorhanden ist. Zu diesem Zwecke worden daher bei den ausländischen Schleusen jedesmal noch ein besonderes Verbandstück, die Komplatte oder der Pfannenträger genannt, angebracht, welches sich entweder in der Längsrichtung der Schleuse, oder doch nur wenig davon abweichend etwa bis zum zweiten Mittelbalken erstreckt. Die Figuren 276 b und 277 a zeigen dasselben, und sie sind jedesmal durch einen weit eingreifenden Schwanzschwanzförmigen Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Dieser Zapfen liegt aber so tief, dass er von unten in den Mittelbalken eingesetzt werden muss, bevor dieser noch aufgebracht wird, und hierdurch wird es auch möglich, die Verzapfung der

Schlagschwellen gegen den Grundbalken, die jedesmal an derselben Stelle dargestellt werden muss, nicht wesentlich zu stören.

Die Zusammensetzung des ganzen Dremfels, wenn alle Theile desselben auf dem untern Bohlenboden aufliegen, ergibt sich aus Fig. 276. Zur gehörigen Befestigung der Schlagschwellen, sowie zur Dichtung des Bodens, sind nach dieser Figur, wie zuweilen geschieht, zwischen diejenigen Pfahlreihen, welche die eigentlichen Grundschwellen tragen, noch andre Pfähle eingerammt, die jedesmal zwei Zwischenbalken tragen. Auf diese Weise bildet sich unter den Schlagschwellen noch ein Balkenboden, der durch Kalfatern vollständig gedichtet wird. Die Langschwellen sind bis zum äussern Rande der Schlagschwellen soweit abgeschnitten, dass sie mit dem Bohlenboden eine ebene Oberfläche bilden, und nachdem diese gedichtet ist, werden die Schlagschwellen nebst dem Binder auf einer mehrfachen Lage von getheertem Löschpapier verlegt, und eben so wie der Mittelbalken mit eisernen gehakten Bolzen gegen die eichenen Grundbalken befestigt. Die beiden Dreiecke zwischen den Schlagschwellen, dem Binder und dem Grundbalken sind ringsum mit Falzen versehen, um einen Bohlenboden in der Höhe der Schlagschwellen darauf anbringen zu können, nachdem sie bis zu diesen Falzen ausgemauert sind. Auch dieser Boden wird durch Kalfatern gedichtet. Die beiden Pfannenträger müssen schon vor den Vorlagen des Mittelbalkens mit demselben verzapft sein. Ihre Befestigung gegen die Grundbalken geschieht in gleicher Weise, und man sorgt dafür, dass nicht etwa unten oder neben denselben Wasseraderen sich bilden können.

Im Thorkammerboden hat die obere Balkenlage nur eine geringe Höhe, damit der gehörige Anschlag sich gegen die Schlagschwellen bilden kann. Darüber sind wieder die Langschwellen gestreckt, die stumpf gegen die Schlagschwellen stossen, und die mit dem Bohlenboden in einer Flucht liegen. Die Felde unter dem letztern sind ausgemauert, und die Fugen sowohl zwischen den Bohlen und Langschwellen, als auch gegen die Schlagschwellen sorgfältig gedichtet.

In gleicher Weise ist auch der Hinterboden behandelt. Da derselbe jedoch in der Höhe der Schlagschwellen liegt, besteht die obere Balkenlage daselbst aus hochkantigem Holze.



Die Bohlen greifen in einen Falz des Mittelbalkens und sind auf diesen festgenagelt. Die obern Langschwellen fehlen hier. Als Beispiel der zweiten Constructionsart, wonach die Schlagschwellen auf den Oberboden gelegt werden, mag die Mauer auf dem Kanale zwischen Herzogenbusch und Maastricht dienen. Ueber die Grundbalken sind acht Langschwellen gestreckt, von denen jedoch nur vier zwischen den Mauern liegen. Sie dienen zur Verankerung des Hinterbodens, und setzen sich unter den Mittelbalken und den Schlagschwellen bis in den Thorkammer fort. Der Unterboden ist in gleicher Art, wie bereits beschrieben, angeordnet. Die zweite Balkenlage über den Grundbalken der Thorkammer ist vollständig vorhanden. Zwischen diesen Balken, der dem Mittelbalken zunächst liegt, und dem Unterboden sind mit Versetzung und Verzapfung zwei Streben eingefügt, die zur Verstärkung der darüber liegenden Schlagschwellen dienen. Der Binder hat die volle Höhe des Mittelbalkens, die Pfannenträger greifen über den nächsten Balken, sind mit Falzen zur Befestigung des Oberbodens versehen. Die unteren Streben, so wie die Pfannenträger sind wieder mittelst starker Bolzen an die Grundbalken befestigt, und nachdem alle Mauer ausgemauert waren, wurde der Oberboden über die Balken und Streben genagelt. Derselbe greift aber nicht in die Fuge zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken, sondern vielmehr das Mauerwerk ohne Unterbrechung bis zur Bohlenbelage des Dremfels fortgesetzt ist. Auf jenen Oberboden sind endlich die eigentlichen, ziemlich niedrigen Schlagschwellen verlegt, und mittelst starke Bolzen, die durch die Grundbalken reichen, daran befestigt. Die Detailzeichnung des Mittelbalkens Fig. 280 a, b und c in der obern und Seitenansicht und in den Querschnitten, stellt diese Verbindung dar, und dieselbe wird in den Querschnitten noch durch die Andeutung des Bohlenverbandes und der anstossenden Verbandstücke verdeutlicht. Im Ganzen stimmt die Construction mit der bereits beschriebenen überein, und es wäre nur noch auf die Heerdmauer am untern Ende der Schleuse aufmerksam zu machen, die vor der Schleusenthür durch eine hölzerne Schwelle geschützt ist, und auf einem besonderen Pfahlrost ruht. Letzterer ist am äussern Rande nur durch eine Spundwand geschützt, sondern lehnt sich



auch an eine Reihe schräge eingerammter Pfähle, mit denen die Schwelle verbolzt ist.

Endlich muss ich noch der in Preussen üblichen Constructionsart der hölzernen Boden unter den Schleusenköpfen erwähnen. Sie unterscheidet sich von den beschriebenen Bauesarten theils durch manche Eigenthümlichkeiten, theils aber und vorzugsweise durch die grosse Anzahl von Quer- und Längenspondwänden und überhaupt durch eine möglichst weit getriebene Vorsicht zur Sicherstellung des Baues.

Diese Vorsicht begründet sich indessen keineswegs in der natürlichen Beschaffenheit des Bodens, der im Allgemeinen bei uns nicht ungünstiger, als bei vielen Kanälen in Frankreich ist, und am wenigsten dem Baugrunde in den Niederlanden nachsteht. Auch die Dimensionen unserer Schleusen, die sämmtlich nur von Flussschiffen benutzt werden, sind so mässig, dass sie die Besorgniss einer grössern Gefahr keineswegs begründen. Es scheint, dass die Organisation unseres Bauwesens vorzugsweise diese ungewöhnlichen Vorsichtsmassregeln hervorgerufen und dadurch die Schleusenbauten bei uns sehr vertheuert hat.

Im Allgemeinen rechtfertigt es sich gewiss, wenn der Baumeister in zweifelhaften Fällen für die Sicherheit lieber zu viel, als zu wenig sorgt. Der baldige Einsturz eines Baues vernichtet den guten Ruf und oft das ganze Lebensglück eines Baumeisters, während die Mehrkosten der grössern Sicherheitsmassregeln leicht gerechtfertigt erscheinen und bald vergessen sind. Die Ausdehnung der Verantwortlichkeit auf Mehrere, steigert aber natürlich die Vorsicht. Trifft die Verantwortlichkeit allein den einzelnen Baumeister, der das Project aufstellt und die Ausführung selbstständig leitet; so kann derselbe die Sorgfalt in der Ueberwachung der Arbeiten, wodurch viele Mängel zu vermeiden sind, schon in dem Entwurfe vollständig berücksichtigen, und die Anwendung sonstiger Massregeln sich vorbehalten, falls bedenkliche Erscheinungen während des Baues eintreten sollten. Die Revisoren eines Projectes können dagegen den Fortgang des Baues nicht vollständig beobachten, sie dürfen vielleicht gar nicht hoffen, auch nur einmal die Baustelle zu sehen, und haben demnach keine Gelegenheit, auf die sorgfältige und überlegte Ausführung eines von ihnen vorgeschlagenen einfacheren Constructionsart hinzuwirken.

darf keinen Mangel an gutem Willen Seitens des ausführenden Baumeisters voraussetzen, aber unter übrigens gleichen Umständen gelingt jedes Werk besser, wenn derjenige, der es darstellt, von der Zweckmässigkeit der ganzen Anordnung überzeugt ist, wenn er die entgegengesetzte Ansicht hat und gegen seine Meinung nur einer ihm ertheilten Vorschrift Folge leistet. Es kommt noch, dass auch Anschlags-Überschreitungen vorkommen werden müssen, während die zufälligen Umstände, welche den Bau erschweren und vertheuern, doch erst während der Ausführung mit voller Sicherheit erkannt werden können. Der Bauer wird dadurch veranlasst, die ungünstigen Zufälligkeiten, während des Baues sich möglicher Weise zeigen können, als bereits constatirt darzustellen, und den Anschlag auf Vorsichtsmassregeln auszudehnen, welche doch nur unter Umständen nöthig gewesen wären.

Die Vorsicht wird indessen bei uns nicht viel weiter ausgedehnt, als die von Eytelwein bekannt gemachten Zeichnungen<sup>\*)</sup>, gewöhnlich als Normalzeichnungen betrachtet worden, bereits zu sein. Eytelwein sagt zwar, dass manche der daselbst gezeichneten Spundwände nur unter besonders ungünstigen Verhältnissen nöthig sind, nichts desto weniger werden dieselben doch jezt angebracht, indem man sich nicht dem Vorwurfe aussetzen will, seine Vorsichtsmassregel unbeachtet gelassen zu haben, die dieser Seite aus schon empfohlen ist. Bis zur neuesten Zeit über zwischen der Elbe und Weichsel keine Schleuse ohne dicken Pfahlrost und ohne mindestens acht Querspundwände und zwei Längenspundwände erbaut worden.

Schon vor 40 Jahren machte F. Schulz auf die übertriebene Thätigkeit beim Bau unsrer Schleusen aufmerksam<sup>\*\*)</sup>, wodurch ihnen ohne Vergleich viel theurer werden, als die Französischen selbst die Holländischen Schleusen sind. Er stellt die Frage, ob es für das allgemeine Wohl nicht zweckmässiger wäre, die Einführung leichterer Constructionsarten mit denselben Mitteln noch einmal so viel Schleusen zu erbauen und dadurch den

\*) Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. Heft IV.

\*\*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur von F. Schulz. Königsberg, 1808. Seite 132 ff.

innern Verkehr wesentlich zu befördern, wenn auch die Gefahr herbeigeführt würde, dass von zehn Schleusen dieser Art eine in Kurzem einstürzte. Die Gefahr ist ohne Zweifel wirklich viel geringer, besonders wenn man darauf Rücksicht nimmt, dass auch die mit grösseren Kosten erbauten Schleusen nicht unvergänglich sind, und zuweilen schon nach wenig Jahren unbrauchbar werden. Wenn die Wahrscheinlichkeit des Missglückens aber auch nur ein Hunderttheil wäre, oder wenn man annehmen müsste, dass von hundert leichteren Schleusen Eine einstürzte, so dürfte doch keinem Baumeister zugemuthet werden, solche Bauten zu empfehlen, so lange nicht der Gewinn gegen den möglichen Schaden in Rechnung gestellt wird, der Baumeister vielmehr für den letztern allein verantwortlich bleibt.

Fig. 281 a und b zeigt den Grundriss und den Längendurchschnitt eines Unterhauptes nach der bei uns üblichen Anordnung. Man bemerkt darin fünf Querspundwände und zwei Längerspundwände, zuweilen werden sogar vier der letztern angenommen, so dass jede Mauer auf beiden Seiten von Spundwänden eingeschlossen ist. Man beabsichtigt durch die grosse Vervielfältigung derselben nicht nur die Bildung der Quellen zu verhindern, die von der einen oder der andern Seite in die Schleuse treten, oder aus derselben hervordringen könnten, und einen starken Wasserverlust oder auch wohl die Unterspülung besorgen liessen, sondern ausserdem sollen diese Spundwände auch während des Baues den Wasserzudrang mässigen und bei besonders quelligem Boden zur Trennung der Baugrube in mehrere Theile dienen, die einzeln trocken gelegt und besonders fundirt werden können. Der letzte Zweck wird gewiss durch die grosse Anzahl der Spundwände erreicht, aber in den meisten Fällen dürfte bei angemessener Wahl der Fundirungsart die Trockenlegung der zusammenhängenden Baugrube nicht so kostbar sein, dass eine solche Vorsichtsmassregel gerechtfertigt erschiene.

Die Querspundwände, welche Eytelwein angiebt, sind folgende:

- 1) am obern Eingange in die Schleuse, also vor dem Vorboden des Oberhauptes. Dieselbe soll 6 Zoll stark sein.
- 2) Zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Oberhauptes. Diese wird als entbehrlich bezeichnet, wenn die Beschaffenheit des Grundes nicht besonders bedenklich



ist. Die Stärke von 4 Zoll soll für sie genügen. Ich bemerke indessen, dass vor beiden Thorkammerböden in unsern Schleusen die Spundwände wohl niemals fehlen.

- 3) Unter den beiden Schlagschwellen, in der Stärke von 6 Zoll.
- 4) Unter dem Mittelbalken liegt die Hauptspundwand von 8 Zoll Stärke.
- 5) Unter dem Abfallboden, und zwar dem untern Ende desselben, wenn er nicht lothrecht aufgeführt ist, befindet sich eine schwache Spundwand von 4 Zoll Stärke, deren Anbringung noch aus dem besondern Grunde empfohlen wird, um den Streben, welche den Oberboden stützen (Fig. 258), ein festes Widerlager zu geben.

In ähnlicher Weise und grossentheils in gleichen Dimensionen wiederholen sich die Spundwände im Unterhaupte, nämlich:

- 6) vor dem Thorkammerboden. Dieselbe wird wieder als minder wichtig bezeichnet, pflegt aber doch nie zu fehlen.
- 7) Unter den Schlagschwellen.
- 8) Unter dem Mittelbalken.
- 9) Eine Spundwand im Hinterboden soll vorzugsweise dazu dienen, den Unterdrempel bis zu grösserer Tiefe untermauern zu können. Ihre Stärke wird zu 4 Zoll angegeben, und eben so stark soll
- 10) die Spundwand am andern Ende oder hinter dem Hinterboden des Unterhauptes sein.

Diese sämtlichen Querspundwände werden mit Fachbäumen versehen, die man nicht mit Bohlen überdeckt, die vielmehr Falze und oft sogar doppelte Falze haben, in welche die Belagsbohlen des Schleusenbodens eingreifen und darin mit eisernen Nägeln befestigt sind. Ausserdem ist zu bemerken, dass die sämtlichen Fachbäume, und sonach auch diejenigen, welche die Längenspundwände überdecken, nicht allein auf den Spundwänden ruhen, sondern jedesmal zugleich auf daneben eingerammten Pfählen liegen, von denen sie mit starken Blattzapfen umfasst werden. Lange Nägel mit Widerhaken versehen sind horizontal durch letztere in die Fachbäume getrieben, und stellen die feste Verbindung dar, welche durch das Gewicht der Mauern noch mehr gesichert wird.

An allen Stellen, wo zwei Spundwände zusammentreffen, oder kreuzen, befindet sich ein stärkerer, mit Nuthen versehener

Pfahl, der Nuthpfahl genannt. Unter den Wendenischen stehen sogar zwei solche unmittelbar neben einander, weil hier fünf Spundwände zusammenstossen, die man nicht füglich an einen einzelnen Pfahl anschliessen kann, wie Fig. 283 zeigt. Mit den Einrammen der Nuthpfähle pflegt man die Fundirungsarbeit zu beginnen.

Die Grundbalken unter den Häuptern sind, eben so wie unter der Kammer, zugleich Zangen des Rostes, und werden nicht nur auf die Rostschwellen, die sie treffen, sondern auch auf die Fachbäume der Längen-Spundwände aufgekümmelt. Die äusseren Längen-Spundwände erhalten häufig keine Fachbäume, erheben sich aber einige Fuss hoch über den Rost, und werden oben durch zwei angebolzte Zangen zusammengehalten (Fig. 268). In diesem Falle stehen sie unmittelbar neben den äusseren Rostschwellen, und die Grundbalken, eben so wie die Quersachbäume, dürfen nicht über diese Rostschwellen hinaus verlängert werden.

In den Dreiecken zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken befinden sich keine Grundbalken, vielmehr werden die Belagsbohlen nur an den Falzen der Fachbäume und des Binders befestigt. Die dasselbst befindlichen Pfähle dienen allein zur Unterstützung der benannten Verbandstücke. Noch ist zu erwähnen, dass die Grundbalken unter den Häuptern gemeinhin etwas näher liegen, als in der Kammer, und dass diejenigen Grundbalken, welche die Quersachbäume berühren, nicht in gewöhnlicher Weise auf die Pfähle aufgezapft, sondern, wie die Fachbäume, durch Blattzapfen gehalten und mit starken eisernen Nägeln darnach befestigt werden. Es ist aber noch nöthig, in diesem Falle, und namentlich, wo der Bohlenbelag nicht an die Fachbäume reicht, ist, wie zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Unterhauptes, den Fachbaum mit dem nebenliegenden Grundbalken durch einige Schraubenbolzen zu verbinden.

Die wichtigsten Theile des Bodens unter den Häuptern sind die Schlagschwellen in ihrer Verbindung mit dem Mittelbalken. Der Anschlag, wozu die geschlossenen Thore sich lehnen, wird nicht allein durch die Schlagschwellen, sondern, wie Fig. 281 a zeigt, zum Theil auch durch den Mittelbalken gebildet. Beide werden aus so hochkantigem Holze gemacht, dass nicht nur der Bohlenbelag des Thorkammerbodens in der Höhe



der Grundbalken in sie eingefalzt wird, sondern sie ausserdem die ganze Höhe des Anschlages darstellen. Letztere beträgt gewöhnlich 9 Zoll, und die Höhe dieser Verbandstücke muss daher wenigstens 21 Zoll sein, und zwar nachdem sie scharfkantig behauenen sind. Gewöhnlich wählt man Eichenholz dazu. Da man dieses aber bei solcher Stärke nicht leicht in der ganzen Länge des Mittelbalkens findet, so bemüht man sich wenigstens die Masse unter die Mauer zu bringen. Die Verbindung in den Böden ist Fig. 282 dargestellt.

Sowohl der Mittelbalken, als die Schlagschwellen ruhen auf Spundwänden und werden ausserdem von den dazwischen eingelegten Spitzpfählen unterstützt, wie Fig. 283 zeigt. Es ist nicht zu verkennen, dass die unmittelbare Verbindung der Schlagschwellen mit den Spundwänden den Vortheil gewährt, dass nur eine einzige horizontale Fuge unter dem Anschlag der Thore bleibt, nichts desto weniger ist dieser Vortheil nicht bedeutend, da die in Holland üblichen Methoden zum Dichten der Fugen zwischen den Bohlen und den verschiedenen Verbandstücken sehr schwer sind, und die Construction im Uebrigen dadurch einfacher und fester wird.

Der Mittelbalken sowohl, als auch die Schlagschwellen sind mit den Spundwänden durch Zapfen verbunden. Diese Zapfen sind theils in der Höhe von 2 Zoll in der ganzen Länge der Spundwände sorgfältig angeschnitten, und greifen in entsprechende Röhren der benannten Verbandstücke ein, theils aber treten in Abständen von etwa 4 Fuss einzelne Zapfen bis zu der obern Fläche der Fachbäume. Zur Darstellung einer möglichst innigen Verbindung worden diese Zapfen jedesmal gespalten und durch zwei Keile auseinander getrieben. Man lässt sie indessen nicht auf der freien Oberfläche des Bodens vortreten. Wenn sie daher nicht durch den Bohlenbelag überdeckt werden können, so erhalten sie nicht die ganze Höhe der Fachbäume. Auch die Zapfenlöcher in den letztern werden alsdann nur in entsprechender Tiefe ausgeschnitten. Vor dem Aufbringen der Fachbäume und des Mittelbalkens vernichtet man jeden Zapfen mit zwei feinen Sägeschnitten, und setzt die Schneiden zweier Keile aus hartem Holze von annähernd gleicher Länge darin ein, wie Fig. 288 zeigt. Beim Aufstreichen des Fachbaumes stossen alsdann die Holzkeile an den Boden des

Zapfenloches, werden dadurch herabgedrückt, und dringen in die Sägeschnitte ein. Sie verbreiten dadurch jeden Zapfen und klemmen ihn fest in das Zapfenloch, so dass ein spätes Abheben des Fachbaumes nicht stattfinden kann. Obwohl es zweifelhaft bleibt, ob bei diesem Verfahren alle Keile wirklich regelmässig eindringen, und ob nicht vielmehr einige derselben sich umlegen und dadurch die gehörige Verbindung mehr als befördern; so ist dennoch die Anwendung solcher verdeckten Keilzapfen bei allen Fachbäumen, die nicht mit doppelten Falzen versehen sind, bei uns ganz gewöhnlich. An den Fachbäumen der Drempele schliessen sich dagegen sowohl in der Thorkammer als am Hinterboden jedesmal doppelte Bohlenbeläge, und deshalb sind die Schlagschwellen wie auch der Hauptbalken mit doppelten Falzen versehen. Hierdurch wird die Gelegenheit geboten, die Zapfen der Spundpfähle bis zu den obern Falzen vortreten zu lassen, woselbst sie sicher verkeilt und später durch den obern Bohlenbelag überdeckt werden können. In Fig. 283 und 284 sind diese Zapfen durch die starke Schraffirung bezeichnet.

Fig. 284 stellt die Verbindung des Drempeles in der obern Ansicht dar. Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, mit dem untern Rande nicht allein gegen die Schlagschwelle, sondern vielmehr setzt sich der Anschlag bis tief in den Mittelbalken, so dass die Pfanne, worin der untere Thorzapfen steht, in den Mittelbalken selbst eingelassen werden kann, und die in Holzbohlen üblichen Pfannenträger entbehrlich werden. Die Hauptverbindungstücke, nämlich der Mittelbalken, die Schlagschwelle und der Binder sind in den Figuren 285, 286 und 287 besonders dargestellt, und zwar sowohl in der Ansicht von oben *a*, als von der Seite *b*. Im Allgemeinen ist die Verbindung durch doppelte Zapfen und Versetzung gebildet. Der Binder, der gleichfalls in dieser Weise mit den Schlagschwellen verbunden ist, setzt sich und zwar in der Höhe des Bohlenbelages der Thorkammer, die die ganze Länge derselben fort, und ruht theils auf den Grundbalken, theils auch auf mehreren Pfählen, die ihn mit Blattzapfen umfassen. Gegen letztere ist er mit starken Bolzen verbunden, wodurch er verhindert wird, sich aufzuheben, falls die Thore heftig gegen die Schlagschwellen schlagen sollten. Die Schlagschwellen sind an der obern Fläche mit starken Blättern ver-

so über dem Binder sich berühren und sich gegen einander wunden.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Verbindung des Drempels möglichst fest sein muss, und dieses vorzugsweise nur durch sorgfältige Bearbeitung aller Theile und scharfes Aufpassen erhalten erreicht werden kann. Man setzt zunächst die Zapfen der Schlagschwellen in den Binder, und treibt alsdann diese drei Stücke in den Mittelbalken. Um aber alle Stösse vollständig zu fassen, sind die Zapfen so stark gehalten, dass sie die Zapfenlöcher vollständig füllen, und vor dem Eintreiben werden sie selbst, wie alle berührende Holzflächen mit heissem Theer getränkt.

Erst nachdem diese Zusammensetzung erfolgt ist, auch die Ketten Klammern, welche Fig. 284 zeigt, eingetrieben sind, setzt man den ganzen Drempel auf die Spundwände und Stützpfeile auf, und zwar geschieht dieses, um ein genaues Schliessen der Zapfen möglich zu machen, in folgender Art. Man befestigt an den Drempel drei Taue, die, über Rollen geleitet, an drei Winden geschlungen sind. Dadurch wird man in den Stand gesetzt, den Drempel mit Leichtigkeit wiederholentlich aufzulegen und abzuheben. Sowohl die Spundwände, als die Stützpfeile werden jetzt erst nach Massgabe der Zapfenlöcher des Drempels mit Zapfen versehen. Man bestreicht die untere Fläche des Drempels vor dem Auflegen mit einer zähen Bolus-Farbe. Alsdann schert sich die Nuthen, welche keine Farbe abdrückt, auf dem Umfange der Spundwand ab. Nach dieser Zeichnung werden die sämtlichen Zapfen an der letztern, sowie auch an den Stützpfeilen angeschnitten, und das Bestreichen mit Farbe, sowie das Aufpassen des Drempels wird so lange fortgesetzt, bis endlich ein gleichmässige Abdruck der Farbe ein gleichmässiges Aufliegen auf allen Unterstützungspunkten erkennen lässt.

Die Zapfen der Spundwände können, um ein Abheben des Drempels bei diesen oft wiederholten Proben möglich zu machen, sehr scharf passend zugeschnitten sein. Sie werden daher zuletzt nicht nur mit Theer getränkt, sondern auch mit getheerter starker Leinwand einschlagen. Auch die Nuthen und Zapfenlöcher und überhaupt alle sich berührende Holzflächen werden getheert, und nachdem nunmehr der Drempel wieder aufgelegt ist, bedeckt man um ihn vor Beschädigungen zu sichern, mit Brettern, und

treibt ihn mit Handrammen fest auf. Endlich werden die an den obern Falzen vortretenden Zapfen, die schon vorher aufgeschnitten waren, durch je zwei Keile auseinander getrieben und sorgfältig abgeschnitten.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Bohlenbelage ausgemauert, und diese Ausmauerung wird auch auf beiden Seiten der Spundwand unter dem Mittelbalken im Ganzen auf 7 Fuß Breite ausgeführt, und erstreckt sich seitwärts bis zu den äußeren Längenspundwänden. Der übrige Theil des Roostes unter der Mauer wird nur mit Thon ausgeschlagen. Um zu dieser Untermauerung eine feste Grundlage zu gewinnen, gräbt man, während die Schöpfmaschinen in recht kräftigem Betriebe erhalten werden, den Grund zwischen den Pfählen und Spundwänden möglichst flach an, bringt alodann eine Lage Bauschutt auf, stampft diese fest an, übergieset sie mit dünnflüssigem hydraulischen Mörtel, und füllt eiligst die Mauern bis zu den vorher zugeschnittenen Köpfen der Pfähle herauf. Nachdem alodann die Grundbalken und Fachbäume aufgebracht sind, setzt man die Mauerung bis zur untern Fläche des Bohlenbelages fort.

Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung der Häupter doppelt, und die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder mit halber Spundung versehen. Ausserdem werden sie getheilt, und man sorgt dafür, dass die Fugen des obern Belages nicht über die des untern treffen. Gewöhnlich besteht die untere Lage aus dreizölligen kiefern, und die obere aus zweizölligen eichenen Bohlen. Die Breite der Falze in den Fachbäumen, sowie in den Bindern, stimmt jedesmal mit der Höhe der eingreifenden Bohle überein, so dass der untere Falz 3 Zoll, und der obere 5 Zoll weit eingeschnitten ist. Jede Bohle wird am Ende mit zwei eisenen, auf jeden zwischenliegenden Grundbalken aber mit zwei hölzernen, vorher in Theer getauchten Nägeln befestigt. Diese Nägel sind häufig in derselben Art, wie bei Gelegenheit des Kammerbodens bereits erwähnt ist, mit eingesetzten verdeckten Keilen versehen.

Wenn die Schleusenhäupter massive Böden erhalten, so ist die Fundirung derselben wieder sehr verschieden, und man wendet auch in diesem Falle nirgend eine solche Vorsicht zu Sicherung des Bodens an, als in hiesiger Gegend geschieht.



Es ist bereits erwähnt worden, dass alle Schleusen zwischen der Ode und Weichsel auf Pfahlrosten stehn, und zwar eben sowohl, wenn die Schleusenböden massiv, als wenn sie nur in Holz ausgeführt sind. Dazu kommt aber noch, dass man in beiden Fällen die genau dieselbe Anordnung der Spundwände wählt, und die Lechhäume unter dem Mauerwerke eben so legt, als wenn sie über den Boden vortreten und den Anschlag der Thore bilden. Fig. 289 auf Taf. LXIV zeigt das Oberhaupt der Brieskower Schleuse im Friedrich-Wilhelms-Kanale, die in den Jahren 1826 und 1827 erbaut ist, und für mehrere spätere Bauten als Muster diente hat<sup>\*)</sup>. Man ersieht aus dem Pfahlrisse in der obern Hälfte der Fig. 289 a, sowie auch aus dem Querdurchschnitte Fig. 289 d, dass hier sogar sechs Längenspundwände angebracht sind, welche nicht nur die Mauern von beiden Seiten einschliessen, sondern an den äussern Seiten doppelt sind, um ein Durchquellen des Wassers aus den Umläufen zu verhindern. Die Zahl der Querspundwände beträgt dagegen vier, von denen eine vor dem Eingange der Schleuse liegt, zwei unter den Schlagschwellen und in Mittelbalken sich befinden, und die vierte den Abfallhoden zugleich den massiven Oberboden begrenzt. Wenn es sich um bälzernem Boden rechtfertigen lässt, unter den Schlagschwellen Spundwände anzubringen, so ist im vorliegenden Falle gewiss ein Grund für eine solche Anordnung denkbar. Das 8 Fuss hohe Mauerwerk trennt die Schlagschwellen von dem Roste; es dürfte mass es jedenfalls sein, und dieses ist auch sehr leicht zu erreichen, daher ist es ganz gleichgültig, ob die Spundwände genau lothrecht unter den Schlagschwellen, oder etwas weiter zurückstehn.

Das Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls mit einem massiven Boden versehen, der jedoch in der Thorkammer nur 4 Fuss stark ist. Unter demselben befinden sich nur vier Längenspundwände, weil daselbst keine Umläufe vorhanden sind und die Kammer mittelst Schutz-Oeffnungen in den Thoren entleert wird. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so gross, wie im Oberhaupt. Die erste liegt vor dem Thorkammerboden, zwei

<sup>\*)</sup> Bauausführungen des Preussischen Staates. Bd. I. Berlin 1830, S. 32 - 35.



treibt ihn mit Handrammen fest auf. Endlich werden die an den obern Falzen vortretenden Zapfen, die schon vorher aufgeschnitten waren, durch je zwei Keile auseinander getrieben und sorgfältig abgeschnitten.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Bohlenbelage ausgemauert, und diese Ausmauerung wird auch auf beiden Seiten der Spundwand unter dem Mittelbalken im Ganzen auf 7 Fuß Breite ausgeführt, und erstreckt sich seitwärts bis zu den äussern Längenspundwänden. Der übrige Theil des Rostes unter den Mauern wird nur mit Thon ausgeschlagen. Um zu dieser Untermauerung eine feste Grundlage zu gewinnen, gräbt man, während die Schöpfmaschinen in recht kräftigem Betriebe erhalten werden, den Grund zwischen den Pfählen und Spundwänden möglichst heraus, bringt alsdann eine Lage Bauschutt auf, stampft diese fest an, übergiesst sie mit dünnflüssigem hydraulischen Mörtel, und schließlich die Mauern bis zu den vorher zugeschnittenen Köpfen der Pfähle herauf. Nachdem alsdann die Grundbalken und Fachbäume aufgebracht sind, setzt man die Mauerung bis zur untern Fläche des Bohlenbelages fort.

Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung der Häupter doppelt, und die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder mit halber Spundung versehen. Ausserdem werden sie getheert, und man sorgt dafür, dass die Fugen des obern Belages nicht über die des untern treffen. Gewöhnlich besteht die untere Lage aus dreizölligen kiefernen, und die obere aus zweizölligen eichenen Bohlen. Die Breite der Falze in den Fachbäumen, sowie in den Bindern, stimmt jedesmal mit der Höhe der eingreifenden Bohlen überein, so dass der untere Falz 3 Zoll, und der obere 5 Zoll weit eingeschnitten ist. Jede Bohle wird am Ende mit zwei eisernen, auf jeden zwischenliegenden Grundbalken aber mit zwei hölzernen, vorher in Theer getauchten Nägeln befestigt. Diese Nägel sind häufig in derselben Art, wie bei Gelegenheit des Innernbodens bereits erwähnt ist, mit eingesetzten verdeckten Keilen versehen.

Wenn die Schleusenhäupter massive Böden erhalten, so ist die Fundirung derselben wieder sehr verschieden, und man wendet auch in diesem Falle nirgend eine solche Vorrichtung zur Sicherung des Bodens an, als in hiesiger Gegend gebräuchlich.

Es ist bereits erwähnt worden, dass alle Schleusen zwischen der Elbe und Weichsel auf Pfahlrosten stehen, und zwar eben sowohl, wenn die Schleusenböden massiv, als wenn sie nur in Holz ausgeführt sind. Dazu kommt aber noch, dass man in beiden Fällen sehr genau dieselbe Anordnung der Spundwände wählt, und die Fachbäume unter dem Mauerwerke eben so legt, als wenn sie über den Boden vortreten und den Anschlag der Thore bilden. Fig. 289 auf Taf. LXIV zeigt das Oberhaupt der Brieskower Schleuse im Friedrich-Wilhelms-Kanale, die in den Jahren 1826 und 1827 erbaut ist, und für mehrere spätere Bauten als Muster gedient hat<sup>\*)</sup>. Man ersieht aus dem Pfahlrisse in der obern Hälfte der Fig. 289 a, sowie auch aus dem Querschnitte Fig. 289 d, dass hier sogar sechs Längenspundwände angebracht sind, welche nicht nur die Mauern von beiden Seiten einschliessen, sondern an den äussern Seiten doppelt sind, um ein Durchquellen des Wassers aus den Umläufen zu verhindern. Die Zahl der Querspundwände beträgt dagegen vier, von denen eine vor dem Eingange der Schleuse liegt, zwei unter den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sich befinden, und die vierte den Abfallboden und zugleich den massiven Oberboden begrenzt. Wenn es sich bei holzernem Boden rechtfertigen lässt, unter den Schlagschwellen Spundwände anzubringen, so ist im vorliegenden Falle gewiss kein Grund für eine solche Anordnung denkbar. Das 8 Fuss hohe Mauerwerk trennt die Schlagschwellen von dem Roste; wasserdicht muss es jedenfalls sein, und dieses ist auch sehr leicht zu erreichen, daher ist es ganz gleichgültig, ob die Spundwände genau lotrecht unter den Schlagschwellen, oder etwas weiter zurückstehn.

Das Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls mit einem massiven Boden versehen, der jedoch in der Thorkammer nur 2 Fuss stark ist. Unter demselben befinden sich nur vier Längenspundwände, weil daselbst keine Umläufe vorhanden sind und die Schleuse mittelst Schütz-Oeffnungen in den Thoren entleert wird. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so gross, wie im Oberhaupt. Die erste liegt vor dem Thorkammerboden, zwei

<sup>\*)</sup> Hausausführungen des Preussischen Staates. Bd. I. Berlin 1830, Seite 32—35.

wieder unter dem Drempe! und die vierte gänge der Schleuse. Die sonstige Anordnung dem oben beschriebenen wenig abweicht, was aus den Figuren, und es wäre nur darauf zu achten, dass der hölzerne Kammerboden in der A Fig. 268 im Querschnitte darstellt. Dieser (Fig. 289 c) einen Fuss höher, als der Rosbeide werden durch einen Fachbaum getrennt in gleicher Höhe mit dem Bohlenbelage der befindet. Hierdurch wird verhindert, dass sich leicht zwischen der Mauer und dem B hinziehen, nicht unmittelbar in die Kammer gleicher Weise trennt ein andrer Fachbaum die kammer von dem Thorkammerboden des U unter dem letzten liegt aber 3 Fuss tiefer.

Die Schlagschwellen werden durch 4 Granit gebildet, die sich zu einem stark zusammensetzen, und dem die Seitenmauern Zu bemerken ist dabei nur, dass jeder einz über den Anschlag des Thores hinaus fortsetzt in den Thorkammerboden tritt, wodurch er

Der Abfallboden ist eigenthümlich ge Mittellinie der Schleuse im Verhältnisse 1 Loth geneigt, an den Seiten dagegen eine Fläche, die dadurch entsteht, dass die zont des Unterbodens mit der Kreislinie bodens durch gerade Linien verbunden w geringen Ersparung an Material dürfte Vortheil bieten, da die Verlängerung des des Oberbodens ohne Nutzen ist, insofern der Unterwasserstand in der Schleuse durch dischen Schleusen ist freilich der Abfallbo Art geformt, bei dem geringen Schleusen der dortigen Schiffe dient diese Anordnung Verlängerung der Schleusenkammer.

Der Oberboden der Brieskower Schl der erwähnten Werksteinschicht, welche aus gebrannten Steinen ausgeführt.

Von den Umläufen, die hier gleichfalls in eigenthümlicher Art angeordnet sind, soll später die Rede sein.

Die Holländischen, Französischen und Englischen Schleusen sind gleichfalls häufig in den Häuptern mit massivem Boden versehen, wenn sie auch wegen ungenügender Festigkeit des Baugrundes auf Pfahlrosten stehen. Die Anordnung des Rostes ist aber jedesmal viel einfacher, und oft zieht sich der Rost ohne Unterbrechung und in gleicher Höhe unter der ganzen Schleuse fort, besonders wenn auch die Kammer mit massivem Boden versehen ist, oder wenn der Oberboden ansehnlich höher, als der Unterboden liegt. Häufig ist der Rost unter den Häuptern in grösserer Tiefe ausgeführt, als der der Schleusenkammer, und zwischen beiden befindet sich alsdann gewöhnlich eine Spandwand, während unter jedem Drempel eine solche in gerader Linie quer durch die Schleuse gezogen ist. Auch kommt es zuweilen vor, dass nur die Häupter auf Pfahlrosten gegründet sind, während die Schleusenkammer unmittelbar auf dem natürlichen Boden ruht. Dieses ist z. B. nach Telford's Mittheilung bei den Schleusen des Caledonischen Kanales der Fall, wo der kiesige Grund ein Setzen nicht besorgen liess, die gewählte Fundirungsart vielmehr nur das Durchziehen von Quellen und das Auswaschen des Untergrundes verhindern oder weniger schädlich machen sollte. Es muss dahin gestellt bleiben, ob die theilweise Benutzung eines Pfahlrostes überhaupt vortheilhaft, und nicht vielmehr in gewisser Beziehung nachtheilig ist, indem sie eine ungleichförmige Unterstützung des Baues bedingt.

In den meisten Fällen, und namentlich bei den kleineren Kanalschleusen in England und Frankreich, wendet man keinen Pfahlrost an. Auch in Holland geschieht dieses zuweilen, und zwar nicht nur wegen der Kostenersparung, sondern auch weil man oft die Erfahrung gemacht hat, dass der Zudrang des Wassers in eine Baugrube sehr mässig blieb, und daher eine leichte Ausführung des Baues hoffen liess, bis durch das Einrammen von Pfählen starke Quellen geöffnet wurden, die man nur mit der grössten Mühe beseitigen konnte. Bei der Beurtheilung, ob ein Pfahlrost nothwendig sei, darf man überhaupt nicht vergessen, dass der wichtigste Grund zur Anwendung desselben bei andern hohen und schweren Gebäuden, nämlich der Mangel an Trag-



fähigkeit des Bodens, bei Schleusen-Anlagen gewöhnlich nicht Betracht kommt. Die Schleuse ist nämlich in der Regel nicht schwerer, als der Boden, der bisher auf dem Untergrunde ruhte, konnte der letzte daher die bisherige Belastung tragen, so wird auch unter der Schleuse nicht einsinken. Dieses ist jedoch zu besorgen, wenn durch starken und anhaltendes Pumpen während des Baues die hindurchdringenden Quellen den Untergrund aufgelockert haben. Bei einem Baugrunde, der an sich fest ist, dessen Auflockerung man aber bei Trockenlegung der Baugruben besorgen kann, ist demnach diejenige Fundirungsart vorzuziehen, wobei das Pumpen ganz umgangen wird. Dieses ist die Fundirung auf Béton, die im ersten Theile dieses Werks §. 47 ausführlich beschrieben ist; auch ist daselbst bereits angegeben, wie man bei Schleusenbauten das Bett mit Beton-Fanggedämmen umschliessen pflegt, die später Theile der Schleusenmauern bilden.

Indem der Thorkammerboden jedesmal eine horizontale Ebene darstellen muss, auch der Fuss der Seitenmauern nicht vortreten darf, weil sonst die Bewegung der Thore bis zu den Thornischen verhindert werden würde, so ist bei grossen Schleusen, die für den Durchgang von Seeschiffen bestimmt sind, und welche nur in dem Kammerboden, wie in den Vor- und Hinterböden die Haupter mit verkehrten Gewölben überdeckt, auf die gehörige Sicherung der Thorkammerböden besonders zu achten. Dies geschieht, falls die Schleuse nicht auf einem Pfahlroste steht, entweder durch angemessene Verstärkung dieser Böden, indem man deren Untermauerung bis zu grösserer Tiefe herabführt, oder mit Heerdmauern verbindet. Auch kann derselbe Zweck durch starke liegende Roste erreicht werden, indem die Schwellen der selben, durch die Seitenmauern belastet, dem schwächeren massiven Boden zur sichern Stütze dienen. In ähnlicher Weise hat man bei der in neuester Zeit ausgeführten sehr bedeutenden Dockschleuse in Bremerhaven zur Verstärkung der massiven, schon auf Pfahlrosten fundirten, Thorkammerböden durch diese noch einzelne Rickenstämme von sehr bedeutenden Dimensionen gestreckt und ganz eingemauert. Dieselben liegen parallel zur Axe der Schleuse und ihre Enden treffen jedesmal unter die verkehrten Gewölbe, welche sowohl den Drempel, als den Vorboden bilden, und somit beide Thorkammern (für die Fluth- und die Ebbehore) einschliessen.



Veranlassung zu dieser Verstärkung gab nicht nur die grosse Weite der Schleuse, die 70 Fuss Bremisch oder 64½ Fuss Rheinländisch misst, sondern vorzugsweise wohl der Umstand, dass sich während des Baues der Rost sich etwas gehoben hatte.

Es darf kaum erwähnt werden, dass die massiven Böden der Häupter häufig aus Bruchsteinen oder gebrannten Steinen geführt werden. Gewöhnlich unterlässt man auch in diesen Fällen die vollständige Ueberdeckung mit Werkstücken. Nur zu den Schlagschwellen, der Begrenzung des Bodens am Eingange der Schleuse, so wie in den vortretenden Kanten, wozu auch die Mauer unter den Dammbalken gehört, pflegt man feste Werksteine zu verwenden. Die Steine, welche im Eingange der Schleuse den Boden begrenzen, werden oft so verlegt, dass die Stossfugen aussen convergiren, wodurch sie einen scheinbaren horizontalen Bogen bilden, der das Ausstossen einzelner Steine verhindert. Fig. 290 a und b zeigt diese Anordnung im Grundrisse und der Seitenansicht. Die beiden äussern Steine treten alsdann die Seitennauern, und um sie mit denselben in gehörigen Verband zu setzen, sind sie, wie in Holland üblich, seitwärts mit einem von der Breite eines Ziegelsteines versch, worin das Mauerwerk eingreift. Sie haben ausserdem in dem Theile, der an der Mauer liegt, eine etwas grössere Höhe, um die Lagerfuge mit dem Schleusenboden zu bringen, wodurch das Ausstreichen derselben erleichtert wird und sicherer erfolgen kann. Endlich zeigt dieselbe Figur noch die eisernen Steinklammern, wodurch diese an der Mauer geankert werden. Diese Sicherheits-Massregeln sind bei holländischen Schleusen ziemlich allgemein üblich.

Dass die steinernen Drempele in ähnlicher Weise, als horizontale Bogen zusammengesetzt werden, ist bereits erwähnt, und man pflegt dieselben, auch bei uns, wie bei der Brieskower Schleuse aus hohen Werkstücken darzustellen, damit sie nicht nur den Anschlag für die Thore bilden, sondern sich auch bis in den Kammernboden fortsetzen. Man ist indessen immer bemüht, die Anzahl der Gewölbesteine möglichst geringe anzunehmen, weil die Fugen leicht undicht werden. Zur Sicherung derselben bringt man auch wohl in je zwei einander berührenden Steinen vertikale Nuten an, die genau zusammen treffen, und nachdem die Stossfugen vergossen oder auf andre Weise mit Mörtel gefüllt ist, treibt

man noch recht steifen Mörtel oder feinen Béton in diese cylindrischen Oeffnungen hinein, um wenigstens an einer Stelle in der Stossfugen das Durchdringen des Wassers zu verhindern.

Bei diesen Schlagschwellen ist indessen der Schluss der Thore nie so dicht, wie bei hölzernen Schwellen, und wenn vielleicht ein harter Körper, wie etwa ein Stückchen Kies vor der Schwelle liegt, und das Thor schnell zuschlägt, oder später einem starken Wasserdrucke ausgesetzt wird; so springt leicht die Kante der steinernen Schwelle aus, und es entsteht ein Leck, der nicht mehr sicher gestopft werden kann, wenn man nicht einen andern Drempelstein einsetzt. Besonders bei sehr spröden Steinen ist diese Gefahr höchst bedenklich. Man pflegt daher nicht selten, und in England sogar gewöhnlich, den massiven Drempel mit hölzernen Schlagschwellen zu verkleiden, die, sobald sie schadhaft werden, mit Leichtigkeit durch neue ersetzt werden können. Auch bei den vor Kurzem in der Preussischen Strecke der Lahn erbauten Schleusen hat dieses Verfahren Anwendung gefunden. Es wurde hier namentlich dadurch geboten, dass zu den Drempeln, wie zu allen sonstigen Werkstücken nur Marmor angewendet werden konnte, der überaus spröde ist. Fig. 291 a und b zeigt eine solche Anordnung im Grundrisse und dem Längsdurchschnitt durch die Axe einer Schleuse. Die Schwellen sind wie in England üblich, etwas in die Steine versenkt, stossen aber in der Mitte nur stumpf zusammen. Für die gehörige Dichtung der Fugen sorgt man durch elastische Zwischenlagen, und die Befestigung wird durch Schraubenbolzen, die in den Steinen vergossen sind, dargestellt. Die Bolzen dürfen indessen eben so wenig, wie die Muttern vor dem Holze vorstehn, weil sonst die durchgehenden Schiffe leiden könnten. Die Figuren 311 und 312 auf Taf. LXVII zeigen gleichfalls hölzerne Schlagschwellen und zwar bei kleinen Englischen Kanalschleusen, die nur durch einfache Thore geschlossen werden.

In dem massiven Boden der Oberhäupter liegen zuweilen die Umläufe. Hiervon, so wie auch von den eisernen Schienen, auf welchen die Rollen unter den Thoren laufen, wird im Folgenden die Rede sein.

Während die Kammerwände, wenn sie nicht etwa mit Treppen versehen sind, ganz gleichmässig und ohne Unterbrechung ver-

Häupte bis zum andern fortgeführt werden, müssen die Häupte der Haupter an einzelnen Stellen mehr, als an andern vortreten. Bei Doppelschleusen ist schon auf einer, oder beiden Seiten eines Hauptes die Zurückziehung der Kammerwände bis gegen die Wendischen erforderlich, um die Oeffnung, die durch die Thore geschlossen wird, auf das geringste zu beschränken. Dasselbe findet auch statt, wenn man der Thore einer einfachen Schleuse eine etwas grössere Weite, als dem Drempel, gegeben hat. Eben so gehen die Flügelwände, die gemeinbin als Theile des Schleusenhauptes betrachtet werden, entweder rechtwinklig oder schräge von der frühern Richtung der Wände ab. Ausserdem müssen auch die Wände der Haupter in den Thorkammern zurücktreten, um die Thornische zu bilden, in welche die geöffneten Thore zurückgeschoben werden. In diesen Thornischen sind wieder die Wendischen besonders wichtig, die nicht nur eine bestimmte Krümmung erhalten, sondern auch hinreichende Festigkeit haben müssen, dem horizontalen Drucke der geschlossenen Thore, der sich aus dem Drucke des Oberwassers bildet, Widerstand leisten zu können. Endlich verlangt die Befestigung der Halsbänder, worin die Thore sich drehen, eine besondere Sorgfalt, auch sind die Pfahlschalke, die bei Reparaturen der Schleuse die Dammbalken aufnehmen, in den Wänden der Haupter angebracht, und oft befinden sich darin noch Umläufe zum Füllen und Leeren der Kammer.

Hieraus ergibt es sich, dass die zweckmässige Anordnung der Wände der Haupter viel grössere Vorsicht, als die der Kammer erfordert.

Bei hölzernen Wänden, die an sich niemals wasserdicht werden würden, würde neben den Thoren ein starkes Durchquellen stattfinden, das auf andere Weise verhindert werden muss. Dieses geschieht, wie bereits bei Gelegenheit der Wehre und Freiräucher erwähnt ist, vorzugsweise dadurch, dass die Spundwand nur so weit als der Fachbaum frei liegt, in der erforderlichen Tiefe abgetrennt ist und von demselben überdeckt wird, dass sie aber an den Seitenwänden bis nahe zur Höhe des Terrains und meistens bis über den gewöhnlichen Stand des Oberwassers gezogen wird. Ein sorgfältig ausgeführter Thonschlag gegen die Seiten der Spundwände, so wie auch hinter den Wän-

den des Hauptes pflegt alsdann das Durchtreten starker zu verhindern, wiewohl solche im Laufe der Zeit sich doch anshilden, und sonach häufige Befestigungen und Ergänzen der Hinterfüllung nöthig werden.

Die bei Gelegenheit der Wehre beschriebene und Fig. und d auf Taf. XLIV dargestellte Methode, wonach der Fachbaum etwas verlängert wird, und einige Spundpfähle durch den unterbrochen werden, eignet sich für Schiffsschleusen nicht, fern der auf den Fachbaum gestellte starke Stiel, in der Wendenische eingeschnitten ist, eine sehr sichere Befestigung fordert, die man ihm nur geben kann, wenn er unmittelbar die feste Spundwand gelehnt wird. Die Anordnung, welche 293 a und b auf Taf. LXV im Grundrisse und im Durchschnitte zeigt, verdient daher den Vorzug. In die Flucht der Spundwand ist nämlich ein stärkerer Spundpfahl oder ein Nuthpfahl in die Spundwand gestellt und dieser wird schon bis zur Höhe des obersten Theiles der Spundwand heraufgeführt. Der Fachbaum greift sich also an ihn, und greift in die Nuthe ein, womit er verbunden ist, während der hinter der Schleusenwand in grösserer Höhe stehende Fachbaum ihn noch überdeckt. Der starke Stiel, welcher die Wendenische bildet, steht mit doppeltem Zapfen in dem Fachbaume, hat entweder eine Feder, womit er in die Nuthe des Nuthpfahles greift, oder beide sind mit übereinstimmenden Aussparungen versehen, worin eine Feder eingeschoben wird. Der hinter der Schleusenwand auf derselben Spundwand liegende Fachbaum dagegen seitwärts mit diesem Stiele verzapft. Ausserdem ist dem letzten Fachbaum eine starke Eisenschiene aufgehangen, cylindrisches, mit einem Schraubengewinde versehenes Ende, welches den erwähnten Stiel hindurchreicht und mittelst einer Schraube mit Mutter wird die feste Verbindung zwischen beiden dargestellt. Hierzu dienen auch noch einige mit Widerhaken versehene Stiele, die man durch diesen Stiel in den Nuthpfahl treibt. Die grosse Steifigkeit der Spundwände giebt diese Verbindung mit der Wendenische versehenen Stiele schon einen sehr festen Stand, und der Seitendruck, den das geschlossene Stemma Folge des Druckes des Oberwassers erfährt, findet in der Richtung der Schleuse, die hierbei besonders in Betracht kommt, einen sehr kräftigen Widerstand in der Spundwand.



Der Druck des Thores erfolgt aber in der Längenrichtung desselben, wird also durch Widerstand in der Richtung der Spundwand nicht vollständig aufgehoben, vielmehr muss noch für die gehörige Unterstützung der Wendenische in der Längenrichtung der Schleuse gesorgt werden. Zu diesem Zwecke bringt man in der Schleusenwand eine, gewöhnlich zwei Streben an. Dieselben sind häufig über die Wandstiele überblattet, so dass sie vor die letzteren nicht strecken. Indem jedoch beide hierdurch sehr geschwächt werden, so ist es gewiss vortheilhafter, wie oft geschieht, und als in der Figur angenommen ist, eine besondere Schwelle vor der eigentlichen Wand auf die Grundbalken zu legen. Dieselbe ist in den Ueberkreuzungen eingeschnitten, damit sie nicht zurückgeschoben werden kann, auch mittelst eisernen Klammern mit dem Fachbaume fest verbunden. Auf sie stellt man jene Streben, die sowohl in sie, als auch in den Stiel mit Versatz eingreifen und mit gehakten Bolzen an die Wandstiele befestigt sind. Diese Schwelle gewährt zugleich den Vortheil, dass sie die Wandstiele im Hinterboden und wenn man sie verschiebt, auch in der ganzen Länge der Schleusenkammer gegen Verschieben sichert, falls die untern Zapfen derselben schadhaft werden. Man kann also bei dieser Anordnung, in derselben, wie schon bei Gelegenheit der Wehre §. 87 empfohlen wurde (S. 177 c), die Stiele unmittelbar in die Grundbalken verzapfen und sie gegen diese davor liegende Schwelle lehnen, wodurch sie in sehr schönem Stand erhalten.

Obwohl der mit der Wendenische versehene Stiel durch die feste Verbindung mit der Spundwand, so wie auch durch die Anstrengung in der Längenrichtung der Schleuse so befestigt werden kann, dass er dem Drucke des geschlossenen Thores vollständig Widerstand leistet; so muss man doch auch den Druck des geöffneten Thores, das an diesem Stiele hängt, berücksichtigen. Zu diesem Zwecke ist noch die Anbringung eines Erdbeckens erforderlich, wie Fig. 293 a zeigt. Was die sonstige Ueberkennung der Wände betrifft, so ist darüber nichts Besonderes zu erwähnen.

Die in Fig. 293 dargestellte Anordnung der Wände ist nicht gewöhnliche, wiewohl sie gewiss in Beziehung auf Einfach-



heit und Festigkeit den Vorzug verdient. Gewöhnlich bringt man nämlich auch bei hölzernen Schleusen vollständige Thornische an, indem die Wand zur Seite des Hinterbodens sich an den der Wendenische versehenen Stiel anschliesst. Man lässt also die Wand der Thornische etwas zurückspringen, die Wand der Seite des Vorbodens aber wieder in die Richtung der ersten Wand treten. Man pflegt für jede dieser Wände besondere Schwellen zu legen, die neben einander vorbeigreifen, so dass die letzten Stiele beider Wände sich unmittelbar berühren. Diese Stiele, wie auch die Helme werden durch Bolzen mit einander verbunden.

Die zuletzt beschriebene Verbindungsart ist nicht nur wegen der mehrfachen Unterbrechung der Wand, sondern vorzugsweise deshalb nachtheilig, dass die erwähnte Verstrebung der Wendenischen, wegen Ueberschneidung der Streben und Stiele viel weniger gesichert ist, auch die Stiele sich leicht ansbauchen können. Lässt man dagegen, wie zuerst angegeben, und wie Fig. 7 zeigt, die Wand in der ganzen Länge der Schleuse in einer Fläche durchgehen, so tritt zwar der Uebelstand ein, dass die Kammer etwa um 2 Fuss zu breit ist, wodurch theils eine grössere Wasserverconsumtion beim Durchschleusen, theils auch ein grösserer Zeitaufwand für Letzteres bedingt wird; in den Fällen, wo hölzerne Schleusen gebaut werden, kommt indessen Beides weniger in Betracht. Wenn die Zuflüsse eines Kanales nur mässig sind, so kann man auf eine möglichst sparsame Verwendung des Wassers beim Durchschleusen Rücksicht zu nehmen hat, muss der Massivbau gewählt werden, weil bei hölzernen Schleusenwänden ein ständiges Durchquellen doch nicht verhindert werden kann.

Dem Uebelstande, dass die geöffneten Schleusenthore der obern Seite frei stehen, und daher von den durchgehenden Schiffen möglicher Weise beschädigt werden können, lässt sich leicht dadurch begegnen, dass man die Thornischen noch durch besondere Stiele begrenzt, die vor die Wände gestellt und mit Bolzen daran befestigt werden, wie die Figur zeigt. Hierbei wird beim Oberhaupt zugleich die Gelegenheit geboten, die Dammwand anzubringen, und in gleicher Weise kann auch der Hinterboden des Unterhauptes für einen Abschluss des Wassers bei vorkommenden Reparaturen gesorgt werden. Die Dammbank unmittelbar gegen die Wandstiele zu lehnen, verbietet sich dabei

Die Wände der Schleusen, so wie die der Freiarchen mit ~~er~~ verkleidet sind, und das Bedürfniss hierzu ist in diesem noch um so grösser, als man die Wandstiele nicht der Gefahr Beschädigung durch Einstossen der Schiffshaken aus-  
setzung. Sobald man daher die Einrichtung zum Aufstellen ~~der~~ Dammwänden treffen will, so muss man in der eben bezeich-  
Art einzelne Stiele vor den Wänden befestigen, und dadurch eine Verbreitung der Schleuse einführen. Dass die gegen  
Stiele gelehnte Dammwand keinen vollständigen Schluss da namentlich auch die Seitenwände nicht dicht sind, darf  
erwähnt werden. Diese Wand dient vielmehr nur als Sei-  
renzung des eigentlichen Dammes, und verhindert eine zu  
Ausdehnung desselben in das Innere der Schleuse.

Obwohl von den hölzernen Schleusenböden schon früher aus-  
die Rede gewesen ist, so muss doch noch bemerkt wer-  
lass die so eben bezeichnete und empfohlne Anordnung der  
mischen zuweilen, und namentlich bei Anwendung von schwa-  
Holze, die feste Aufstellung der Pfannen für den  
Thorzapfen erschwert. Die Wendenische darf nämlich  
auf in den Stiel eingreifen. Derselbe muss aber in seiner  
Breite auf dem Fachbaume aufstehn, und so kann es  
geschehn, dass in der Oberfläche des Letzern kein hinrei-  
Raum zur Befestigung der Pfanne übrig bleibt. Die  
Möglichkeit lässt sich gemeinhin vermeiden, wenn man die Ver-  
bänke, welche die Schlagschwellen bilden, an beiden Enden  
spitz auslaufen lässt, sondern sie so zuschneidet, dass sie  
er Verbindung den erforderlichen Raum darstellen. Der  
Lag der Thore wird dabei nicht geändert, nur ist die Holz-  
hinter demselben in der Nähe der Wendenische bedeutend  
er, als in der Mittellinie der Schleuse, was jedoch ohne  
Theil ist. Andreerseits ist es jedenfalls auch zulässig, noch  
einen Riegel, ähnlich den bei Holländischen Schleusen übli-  
Pfannenträgern anzubringen, die mit den Schwellen und  
Balken verzapft und ausserdem durch Pfähle unterstützt

Wenn die Seitenwände der Häupter massiv sind, so kommt  
bei die Frage in Betracht, wie stark man sie machen soll.  
Man wird die Regel aufgestellt, die Mauerstärke müsse

der Breite des einzelnen Thorflügels gleich sein, und verlangt dieses sogar, wenn der Verband der Mauern durch Umläufe in denselben unterbrochen wird. Andreerseits viele Schleusen, namentlich in England, wo die Mauern der Thor nicht stärker, als die der Kammern sind. Letzteres ist zu billigen, da die Unterbrechung der Flucht durch die Thore, so wie auch der Druck der Thore, und selbst die Verwitterung, die diese leicht veranlassen können, nicht unbeachtet werden dürfen. Dagegen ist auch die erste Regel unhaltbar, die Stabilität einer Mauer bekanntlich durch deren Höhe bedingt wird, und diese demnach nicht unberücksichtigt bleiben kann. Nach derselben wird auch die Mauerstärke in den meisten Fällen und namentlich in den Oberhäuptern übermässig gross, was in den Preussischen Schleusen vergleichungsweise mit gewöhnlich geschieht. Es lassen sich wohl niemals allgemeingültige, und zwar einfache Regeln aufstellen, wenn sehr verschiedenen Umstände, die bald grössern, bald geringeren Einflüssen, bei der Anordnung beachtet werden müssen, und daher nur von der nähern Untersuchung jedes einzelnen abhängen, wie stark man die Mauer machen muss.

Was über die Brauchbarkeit des verschiedenen Materials bei Gelegenheit der Kammerwände gesagt ist, gilt auch auf die Mauern der Schleusenhäupter Anwendung. In springenden Kanten am Eingange der Schleuse, an beiden Seiten der Thormischen, so wie an den Dammfüßen pflegt man, es geschehn kann, abzurunden, oder zu brechen, und dann die besten Stücke zu wählen, wenn auch der übrige Theil der Mauer aus gebrannten Steinen oder Bruchsteinen besteht. Besonders schickt das Letztere in den Wendenischen, deren Ausführung besondere Vorsicht erfordert.

Die Wendenische, oder der Theil der Mauer, der das geschlossene Schleusenthor berührt, und wo sich ein dichter Schluss darstellen soll, bildet eine cylindrische Fläche, die in eine sie berührende Ebene übergeht. Eben diese Fläche ist auch der Theil des Thores, der sich dagegen lehnt, das Thor ist an der schmalen Seite als halber Cylinder abgeflacht. Von der Lage der Drehungsaxe und der Ausdehnung der Verbindung zwischen dem Thore und der Mauer wird ausführlich

ede sein, wenn die Befestigung der Thore behandelt wird, hier aber nur die Methoden beschrieben werden, wodurch man den Thoren und möglichst wasserdichten Schluss darstellt.

Wenn die Wendenische in Werksteine eingeschnitten ist, pflegt man letztere vor dem Versetzen nur roh zu bearbeiten, die Wendenische wird erst später, nachdem dieser Theil der Mauer ganz beendigt ist, und der Mörtel gebunden hat, nach der Nische und dem Richtscheit sorgfältig ausgehauen, so dass die an einander liegenden Steinen gebildeten Vertiefungen genau zusammenpassen. Ausserdem wird die Wendesäule des Thores, nachdem sie vollständig bearbeitet ist, wiederholentlich in die Nische eingepasst. Durch Bestreichen derselben mit einer dicken Leinwand, die in der Nische sich abdrückt, erkennt man leicht diejenigen Stellen der letztern, die am meisten vortreten, und endlich wird die Nische, nachdem sie bereits recht regelmässig geglatzt ist, noch ausgeschliffen, indem man ein Stück Kiechenholz, von der Form der Wendesäule entspricht, in der Nische dreht und hin- und abbewegt, während nasser Sand darauf geschüttet wird. Die Wendesäule selbst hierzu zu gebrauchen, wie zuweilen allerdings geschieht, ist gewiss nicht rathsam, indem sie dabei zu sehr leidet.

Gemeinhin bemüht man sich durch Anwendung recht hoher Steinstücke, die Anzahl der Lagerfugen in den Wendenischen zu vermindern, und es geschieht nicht selten, namentlich bei den Niederländischen Schleusen, dass Steinblöcke von 5 bis zu 7 Fuss Höhe dazu verwendet werden. Dass eine solche Anwendung in Betreff des verschiedenartigen Setzens sehr bedenklich ist, darf kaum erwähnt werden. Zur Befestigung dieser Steine ist sich die Anwendung eiserner Anker kaum vermeiden: diese ragen weit in die Hintermauerung, und werden durch senkrecht gestellte Splinte gehalten, während ihr vorderes Ende, welches verstärkt oder etwas umgebogen ist, in den Werksteinen gewöhnlich mit Blei vergossen wird. Zuweilen umgeht man die Anwendung des Eisens, indem man diese Werksteine in derselben Weise, wie bereits bei Gelegenheit der Befestigung der vorspringenden Thorecken erwähnt, mit Nuthen von der Breite eines Klinkers versieht, und die Hintermauerung hier eingreifen lässt. Fig. 294 zeigt diese Anordnung. In vielen Fällen werden auch beide



Vorsichtsmassregeln gemeinschaftlich in Anwendung gebracht. Weder dagegen die Werksteine in der Wendenische nur die gewöhnliche Höhe der Steinschichten, also etwa von  $1\frac{1}{4}$  bis 2 Fuss haben, so fehlt die Verankerung, jedoch ist alsdann jeder Stein mit den erwähnten Nuthen versehen.

In den Französischen und Englischen Schleusen haben die Steine nie eine bedeutende Höhe. Die Nuthen fehlen ihnen, aber die Anwendung eiserner Anker ist dabei sehr gewöhnlich. Bei uns ist man, besonders in neuerer Zeit gegen die Verankerung des Mauerwerks misstrauisch geworden, insofern die Ausdehnung und Verkürzung bei Temperatur-Veränderungen nicht anders als durch Auflockerung der Mörtelfugen ausgeglichen werden kann.

Zuweilen werden die Wendenischen auch ohne Anwendung behauener Steine nur aus hart gebrannten Ziegeln aufgeführt. Bei uns pflegt man in diesem Falle Formsteine zu verwenden, damit die besonders feste Oberfläche, die Brandkrone nicht abgeschlagen werden darf, und nicht der innere weiche Theil des Steines den Schluss bilde. Ein Ausschleifen der Wendenische, nachdem die Mauerarbeit vollendet ist, ist dabei allerdings immer nothwendig. In Holland wird auch zuweilen die Werkstein-Einfassung unterlassen, und man mauert alsdann die Wendenischen in eigenthümlicher Weise aus besonders harten Klinkern auf. Bei der Bassin-Schleuse vor Amsterdam geschah dieses. Nachdem der hölzerne Schleusenboden fertig war, stellte man sogleich, also vor der Aufführung der Mauern, die Thore auf, lehnte sie scharf gegen die Schlagschwellen und erhielt sie in ihrer Stellung durch eine Menge Streben und Bänder, die an beiden Seiten dagegen getrieben und genagelt waren. Jeder einzelne Klinker, der in die Fläche der Wendenische trat, wurde alsdann sorgfältig so zugehauen und geschliffen, dass er genau an die Wendeskule des Thors anschloss, und diese vollständig berührte. Auch die Mörtelfuge erhielt dabei einen sehr scharfen Schluss. Dieses Verfahren dürfte indessen wohl insofern bedenklich sein, als die Thore bei dieser Aufstellung stark austrocknen und leicht sich verziehen können, so dass sie später, wenn das Wasser eingelassen wird, eine etwas andere Form annehmen und nicht mehr schliessen.

In manchen Fällen wird die Wendenische in massiven Mauern auch mit einem anderen Material ausgefüllt. Bei den Englischen Kanalschleusen geschieht es nicht selten, dass eben so, wie die Thore unten gegen aufgebolzte hölzerne Schlagschwellen schlagen, sie auch zur Seite sich gegen hölzerne Stiele lehnen, worin die Wendenischen ausgeschnitten sind. Diese Stiele werden sodann am Schraubenbolzen, die in der Mauer eingelassen sind, aufgeschoben. Wenn ein wasserdichter Schluss zwischen den Stielen und der Mauer auf solche Art auch nicht dauerhaft zu finden ist, so kann man ihn mit Leichtigkeit immer wieder herstellen, sobald starke Lecke sich zeigen.

Auch das Gusseisen ist zu diesem Zwecke mehrfach benutzt worden. Nicht nur in England, sondern auch bei uns hat man zuweilen die Wendenischen durch eiserne, rinnenförmig gegossene Platten verkleidet. Fig. 295 a zeigt den Querschnitt einer eiserne Wendenische, die beim Bau der Pareyer Schleuse (im Hannischen Kanale) eingesetzt wurde. Die gusseiserne gekrümmte Platte ist in der Wendenische selbst  $\frac{1}{4}$  Zoll stark, die zu beiden Seiten vortretenden Lappen, die zur Befestigung dienen, haben dagegen eine Stärke von  $\frac{3}{4}$  Zoll. Eiserne Schraubenbolzen, welche die Figur gleichfalls zeigt, sind mittelst Splinten in der Mauer befestigt, und gegen diese wird die Platte durch Schraubenmutter gehalten. Den wasserdichten Schluss stellt man dar, indem man die Mauer stark und möglichst gleichmässig mit Mörtel beworfen, und während dieser noch weich ist, die Platte dagegen geschoben wird. Sollte der Mörtel sich mit der Zeit vom Gusseisen lösen; so ist es leicht die Platte abzunehmen und die Mörtelfuge zu erneuern.

Vorteilhafter dürfte es wohl sein, die Platte ihrer ganzen Länge nach mit einer angegossenen Rippe zu versehen, die in einen Graben eingreift. Letzterer wird besonders vorsichtig mit Mörtel ausgefüllt, und wenn alsdann die Platte aufgeschoben wird, dringt die Rippe in den Mörtel ein, und schliesst sich scharf gegen denselben an, während sie zugleich, falls Wasseradern sich später öffnen sollten, das Durchdringen derselben sehr erschwert, indem solche um die Rippe herum fließen müssen. Fig. 295 b zeigt diese Anordnung im Querschnitt.

Wenn über den zum gewöhnlichen Gebrauche bestimmten Schleusenthoren, noch andere nämlich die sogenannten Sturmthore angebracht sind, welche, wenn sie geschlossen, sich gegen die ersteren, wie gegen Schlagschwellen lehnen (Fig. 259), müssen für die Sturmthore besondere Wendenischen eingerichtet werden, die jedoch nicht bis zum Boden herabreichen.

Ueber die Verankerung der Halsbänder, worin die oberen Axen der Thore sich drehen, wird im Folgenden die Rede sein; hier wäre nur zu erwähnen, dass es bei uns üblich ist, diese Verankerung noch zu übermauern, um sie durch starke Belastung um so sicherer in ihrer Lage zu erhalten. Hierdurch entstehen die vortretenden Mauer Massen auf den Häuption, die man gewöhnlich Postamente nennt.

Dass die Dammfalze häufig in Werksteinen dargestellt, auf die Mauern der Häuption gewöhnlich mit festen Steinplatten überdeckt, wenigstens mit solchen eingefasst werden, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Beschreibung einer Vorrichtung zur Unterstützung sehr grosser Schleusenthore, wenn dieselben einem starken Wasserdrucke Widerstand leisten sollen, dürfte wohl hier am passendsten ihre Stelle finden. Ein solcher Fall kommt bei den äusseren Schleusen des Nordholländischen Kanals vor, und zwar bei denjenigen, die zum Durchgange der Kriegsschiffe dienen, die aber nur selten benützt werden. Der Unfall, der sich bald nach Erbauung der Buiksloter Schleuse an derselben ereignet hatte, wobei nämlich die Thore brachen, und nicht nur die Beschädigung der Schleuse, sondern in viel höherm Grade die Ueberschwemmung eines grossen Theiles der Provinz Nordholland die möglichste Vorsicht dringend forderte, war wohl die nächste Veranlassung zu dieser Massregel. Sowohl die Wilhelmus-Schleuse, welche auf der Südseite, also aus dem Y den Eingang in den Kanal bildet, als auch die nahe dahinter gelegene Schleuse bei Buikslot, die bei einem leicht zu besorgenden Bruche des äusseren Deiches in Wirksamkeit tritt, haben bei der lichten Weite von 50 Fuss oft einen Wasserstand von 10 Fuss über dem Niveau des Kanals abzuhalten. Bei beiden hat man zunächst hinter den Oerthoren, die an der äussern Seite liegen, einen zweiten Damm

l in der Höhe des Wasserspiegels im Kanale gebildet, gegen denen die Thore zur Zeit der Gefahr gelehnt werden können.

Fig. 296 a zeigt die getroffene Anordnung in ihrer ganzen Zusammensetzung. Ein aus starken Balken gezimmertes Floss, welches durch Dübel und Bolzen, so wie auch durch Verstreben auf der dem Kanale zugekehrten Seite fest verbunden, und damit einem Sprengwerke versehn ist, schwimmt auf dem Wasser. Indem es etwas schmäler als die Schleuse ist, so kann es dieselbe hineingeschoben und an die in der Figur dargestellte Stelle gebracht werden. Man strebt es gegen die Mauer, theils durch zwei senkrecht eingestellte Balken bei A, theils auch durch zwei horizontale Streben bei B. Für jene, wie für diese sind erforderlichen Einschnitte in der Mauer angebracht.

Um das Thor an dieses Floss lehnen zu können, reichen der äussern Seite sechs Paar kurze Balken etwa 1½ Fuss über den Rand des Flosses hinaus. Sie werden am Ende durch Ueberwürfe festgehalten, und auf je zweien Balken hängen den Thoren an einem durchgesteckten Bolzen ein besonderer starker Balken, gegen welchen mehrere Thorriegel sich lehnen. Diese Balken berühren indessen nicht unmittelbar das Floss, vielmehr bleibt dazwischen jedesmal ein freier Raum von etwa 8 Zoll Breite, und in diesen treibt man, wenn die Thore gestützt werden sollen, lange flache Keile aus Eichenholz hinein, wodurch die feste Verbindung die nöthige Spannung erhält. Die Figuren b und c zeigen die Stützbalken und Keile, und deren Verbindung mit dem Flosse.

Nachdem von den hölzernen und massiven Wänden der Schleusenhäupter die Rede gewesen ist, muss noch erwähnt werden, dass in einzelnen, wenn auch seltenen Fällen eiserne Schleusen vorkommen. Auf dem Ellesmere-Kanale befanden sich in Leicestershire, Beeston Castle gegenüber einige Schleusen, die zusammen 17 Fuss Gefälle hatten. Sie wurden wiederholentlich untergraben und stürzten ein, indem sie auf sehr lockerem Sande (Triebsand) standen. Telford entschloss sich, beim Umbau derselben, sie möglichst leicht, nämlich aus gusseisernen Platten herzuführen. Nach Telford's Aeusserung \*) hat diese Anwendung

\*) *Life of Telford.* Seite 37.



des Eisens sich vollständig bewährt, wenn auch die erste A unerachtet der dortigen geringen Eisenpreise etwas kostbar. Jede dieser Schleusen ist 15 Fuss weit, zwischen den 74 Fuss lang, die Höhe der Wände über dem Unterboden 15 und über dem Oberboden 6 Fuss. Das Grundwerk ist aus einem leichten Roste, indem jeder Grundbalken nur zwei Pfähle unter den Seitenwänden getragen wird, wie Fig. zeigt. Diese Grundbalken sind aber 15 Fuss von einander fernt. Die gusseisernen, mit Verstärkungs-Rippen versehen denplatten reichen von einer Seitenwand bis zur andern, und jedesmal 5 Fuss breit, die Seitenplatten dagegen, deren drei einander stehn, sind 15 Fuss lang und so gestellt, dass die Stossfugen nicht über einander treffen. Die Verankerung sieht aus der Figur. In den Häuption setzt sich dieselbe fort, die Thornischen, so wie auch die Wendenische selbst die Dammfalze sind durch Kröpfung und Krümmung der Seitenplatten ohne Aenderung des Verbandes derselben dargestellt und eben so besteht der Abfallboden aus einer gusseisernen Platte und die Drempe bezeichnen jedesmal zwei vorstehende Rippen zwischen welche die hölzernen Schlagschwellen eingelassen sind. In gleicher Art befindet sich zwischen den zu beiden Seiten der Oberhauptes angebrachten Dammfalzen ein hölzerner Balken, welcher wieder zwischen zwei Rippen liegt. Unter demselben steht die Spundwand, die einzige in der ganzen Schleuse. Der Abfallboden ist mit doppelten Bohlen bekleidet, damit die von der Schleuse einfahrenden Schiffe nicht etwa gegen die gusseisernen Platte stossen, und dieselbe zerbrechen möchten.

Bei Behandlung der Wände der Schleusenhäuption ferner die Umläufe erwähnt werden. Von den Vorrichtungen zum Füllen und Ablassen des Wassers aus den Schleusenköpfen kann freilich erst im Folgenden die Rede sein, nachdem die Schleusenthore beschrieben sein werden, nichts desto weniger bilden die Umläufe einen Theil der Seitenwände der Häuption, und daher die Anordnung von diesen.

Umläufe nennt man die Seitenkanäle, wodurch die Schleusen mit dem Oberwasser, zuweilen auch mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden. Bei vielen, und vorzüglich bei den meisten Schleusen fehlen sie ganz, indem Schütten

in den Thoren selbst angebracht sind. Die obern Mündungen der Umläufe liegen in den Thorhöhlen und zwar in den Thornschen, ihre untern dagegen hinter dem Hinterboden, also entweder im vordern Theile der Schleusenkammerwände, auch wohl im Abfallboden, oder in den Flügelmauern des Unterhauptes. Die Sohle eines Umlaufes neben jeder Mündung, befindet sich in gleicher Höhe mit dem davor liegenden Theile des Schleusenbodens. Die Sohlen der obern Mündungen der Umläufe, sowohl im Ober- als im Unterhaupt, liegen daher in der Höhe der Thorhöhlenböden, die der untern Mündungen aber in der Höhe des Schleusenkammerbodens oder beim Unterhaupt, auch wohl in der Höhe des untern Thorhöhlenbodens, indem neben den Flügelmauern die Höhenlage der Ausmündung willkürlich ist, und die Ausführung leichter wird, wenn der Umlauf in einem Horizonte liegt. Der Umlauf des Oberhauptes erhält hiernach beinahe das ganze Schleusengefälle, und dieser Umstand begründet in manchen Fällen seine Anwendung, weil er eine schnellere Füllung der Schleusenkammer möglich macht, als wenn das Oberwasser in hoher Lage des Oberdempels über den letztern fließen müsste, wobei nur ein Theil der Niveau-Differenz als Druckhöhe für das einstürzende Wasser wirksam wäre.

Demnächst wendet man die Umläufe in den Oberhäuptern nicht selten an, um die Verbindung der niedrigen Thore nicht durch Schützöffnungen noch mehr zu schwächen, auch wohl um zu verhindern, dass das in die Kammer tretende Oberwasser nicht in die darin liegenden Schiffe fließt, in dem es vom hohen Abfallboden herabstürzt. Keiner von diesen Gründen würde die Anwendung von Umläufen im Unterhaupt rechtfertigen, dagegen kann der grössere Querschnitt desselben auch hier die Entleerung der Kammer beschleunigen, und in manchen Fällen, namentlich wenn man cylindrische Röhren benutzt, wird die Anlage der Umläufe, so wie auch die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen derselben so bequem, dass hierin wohl der Grund zu suchen ist, weshalb man sie, besonders in England und zwar in beiden Schleusenhäuptern so häufig ausführt.

Gewöhnlich, und namentlich bei grössern Schleusen giebt man den Umläufen solche Dimensionen, dass bei vorkommenden Reparaturen, oder wenn Reinigungen derselben nothwendig sein

wollten, Arbeiter hineingehn können. So hat die Fig. 289 die dargestellte Schleuse bei Brieskow Umläufe von 3 Fuss Weite und 4½ Fuss Höhe. Sie bilden überwölbte Kanäle, welche ganz der Mauer liegen und sich zu beiden Seiten um den Oberstrom hin zur Schleusenkammer erstrecken. Sie sind daher im Grundriss scharf gekrümmt und haben im Längen-Profile das gleiche Gefälle der Schleuse. Wenn man dieses Gefälle gleichmäßig auf ihre Länge vertheilt hätte, so wäre ihre Ausführung wegen der Krümmung in der horizontalen Projection sehr erschwert worden, und überdiess hielt man es auch für bedenklich, den ganzen Umlauf dem starken Angriffe des Wassers auszusetzen. Man bildete daher lieber an einer bestimmten Stelle den Wassersturz und wendete hier alle Vorsicht an, um denselben unschädlich zu machen, während der vorhergehende, sowie der folgende Theil des Umlaufes, wo die Krümmungen liegen, welche der Grundriss zeigt, ganz horizontal geführt ist.

Es ist indessen zweifelhaft, ob in allen Fällen der beabsichtigte Zweck durch diese Anordnung erreicht wird. Wenn nämlich der Umlauf ganz mit Wasser angefüllt ist, so wird die Geschwindigkeit des Stromes in demselben umgekehrt der Proportion der Weite proportional sein, weil durch jedes Profil in der Zeit eine gleiche Wassermenge abgeführt wird. Hat daher der Umlauf in seiner ganzen Länge gleichen Querschnitt, und findet die Luft keinen Zutritt zu ihm, so ist die Geschwindigkeit an allen Stellen gleich gross; sie wird nur durch die Niveaudifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser bedingt, vermehrt sich keineswegs an den Stellen, wo gerade die stärkste Neigung stattfindet, oder der Kanal vielleicht lothrecht abfällt. Der Anstoss gegen die Seitenwände wird daher auch überall ziemlich derselbe bleiben, wahrscheinlich aber in den Krümmungen wegen der in der Bewegung des Wassers zunehmenden und eben dadurch verursachten Schwächung des Stromes veranlassen. Hiernach dürfte es angemessener sein, die scharfen Krümmungen und folglich auch den senkrechten Wassersturz zu vermeiden.

In den meisten Fällen wird der Sturz dadurch gebildet, dass ein senkrechter Schacht die beiden horizontalen Theile des Umlaufes mit einander verbindet. Indem das Wasser aber in der horizontalen Richtung zufließt, so trifft es in diesem Falle die ge-

überstehende senkrechte Wand, die durch den Stoss desselben brechen könnte. Um dieses zu verhindern, lässt man jene Wand in einem angemessenen Bogen zurücktreten, so dass sie vom Wasserstrahle unmittelbar nicht mehr getroffen wird. Zuweilen befindet sich das Schütz, wodurch man den Umlauf schliesst, dicht vor dem eben erwähnten Schachte. Diese Anordnung ist Fig. 297 dargestellt; vortheilhafter dürfte es aber wohl sein, wie auch gewöhnlich geschieht, das Schütz in die Thornische, also in die obere Mündung des Umlaufes zu stellen, weil es alsdann besser beobachtet und in allen Theilen leichter wieder hergestellt werden kann; namentlich aber hat man bei dieser Anordnung mehr Gelegenheit die Gegenstände zu entfernen, die etwa das Schliessen des Schützes verhindern möchten.

Bei der Brieskower Schleuse befindet sich in dem erwähnten Schachte eine verengte Stelle, worin ein gusseiserner Rahmen befestigt ist. Letzterer hat eine quadratische Oeffnung von 2 Fuss Weite. Die obere Fläche des Rahmens ist abgeschliffen, und darauf liegt eine gleichfalls abgeschliffene eiserne Platte, die um eine horizontale Axe an der hintern Seite gedreht und mittelst einer darüber gestellten Winde gehoben werden kann. Fig. 298 zeigt diese Anordnung. In dieser Figur, wie in der vorhergehenden, bemerkt man auch die starken Granitplatten, womit der Boden unterhalb des Sturzes gesichert ist.

Wenn man Schütze zum Schliessen der Umläufe anwendet, so lehnen diese sich zuweilen gegen Rahmen aus Werkstücken bestehend, wie dieses bei den Schleusen am Finow-Canale der Fall ist (Fig. 297). Auch bei den in Holland mehrfach ausgeführten Fächerschleusen, wo die Umläufe nicht entleert werden können, geschieht dieses gewöhnlich. Fig. 299 a, b und c zeigt einen solchen Verschluss von vorn, von der Seite und im horizontalen Querschnitte. Die steinernen Seitenstiele sind nicht nur an der innern Seite zum Einlassen des Schützes mit Rinnen versehen, sondern sie haben auch auswärts ähnliche Falze, in welche das Ziegelmauerwerk einbindet. Sie stehen mit Versatzung auf der Schwelle auf, und werden durch zwei in gleicher Weise damit verbundene schmale Steine überdeckt, die als Rahmen das darüber aufgeführte Mauerwerk tragen. Sie lassen aber zwischen sich einen Schlitz frei, durch welchen das Schütz aufgezogen



werden kann, und ein solcher setzt sich bis zur Oberfläche der Mauer fort, wo er wieder durch zwei Werkstücke eingefasst ist.

Wenn das Schütz sich an der obern Mündung des Umlaufs befindet, so lässt man es häufig gegen einen hölzernen Rahmen lehnen, wobei wegen der geringeren Reibung die Bewegung desselben erleichtert wird, auch der Schluss dichter zu sein pflegt. Man muss sich aber in diesem Falle darauf vorbereiten, den Rahmen von Zeit zu Zeit erneuern zu können, und demnach seine Befestigung so anordnen, dass dieses ohne Beschädigung des Mauerwerks geschehn kann.

Bei manchen Schleusen sind die Umläufe in ganz abweichender Art angeordnet: indem sie nämlich aus den Thornschen des Oberhauptes abgehn, senken sie sich sogleich, ohne die Längenrichtung der Schleuse zu verfolgen, und treten unter den Thorkammerboden, wo sie ihre Richtung verändern und am Fusse des Abfallbodens in die Schleusenkammer münden. Diese Einrichtung ist bei den erwähnten eisernen Schleusen am Ellesmere Canale gewählt worden, und zwar bestehn die Umläufe hier, wie Fig. 263 zeigt, aus gusseisernen Röhren, die, ohne sich zu verbinden, einzeln in die Schleusenkammer treten. Dasselbe geschieht auch bei andern Englischen kleinen Kanal-Schleusen.

Für die massiven Schleusen des Ellesmere-Canales wählt dagegen Telford die in Fig. 262 dargestellte Anordnung, welche auch sonst vielfach vorkommt. Dabei verbinden sich die beiden gemauerten Umläufe unter dem Thorkammerboden und treten in einem weiten überwölbten Kanale in die Schleusenkammer. In derselben Art hat auch Gauthey \*) die Schleusen des Canales du Centre eingerichtet. Die Umläufe bestehn daselbst vor ihrer Vereinigung aus cylindrischen und zwar steinernen Röhren. Die dabei gewählte eigenthümliche Art des Verschlusses der Umläufe wird später (§. 109) beschrieben werden.

Zu den Hauptern gehören endlich auch noch die Flügel zu mauern; es scheint jedoch passender, dieselben in Verbindung mit den sonstigen Vorrichtungen zur Erleichterung des Ein- und Ausfahrens der Schiffe zu behandeln. Es wird daher von demselben gleichfalls später (§. 110) die Rede sein.

---

\*) *Oeuvres de Gauthey. Tome III. Paris 1828.*

## §. 103.

**Anordnung der Thore.**

gewöhnlich stehn zwei Schleusenthore einander gegenüber, wenn sie geschlossen sind, sich unter einem stumpfen Winkel an, oder gegen einander stemmen. Man nennt sie Stemmthore. Bei sehr kleinen Schleusen, namentlich in England, findet man auch häufig einfache Thore vor, welche die ganze Schleuse überspannen und sich gegen eine einzelne gerade Schlagwelle, sowie auch gegen Falze in beiden Schleusenmauern lehnen. Endlich findet man, und zwar in Nordamerika, noch Schleusenthore, welche sich nicht um eine senkrechte, sondern um eine horizontale Axe drehen, und beim Oeffnen flach auf den Schleusenboden gelegt werden.

Die ersten, oder die Stemmthore verdienen eine ausführlichere Behandlung, da die beiden letzten Einrichtungen theils selten vorkommen, theils auch einfacher sind, und die Erfordernisse sich schon aus der Untersuchung jener ergeben. Bevor die Construction der Stemmthore beschrieben wird, ist es zu untersuchen, welchen Kräften sie Widerstand leisten. Ein Urtheil über die Zweckmässigkeit ihrer Anordnung kann hierauf gegründet werden können.

Das einzelne Schleusenthor, mag es ein Stemmthor oder ein gewöhnliches Thor sein, erleidet, wenn es geschlossen und der Wasserdruck auf beiden Seiten verschieden ist, in jedem Theile seiner Länge unter dem Oberwasser einen gewissen Druck, der normal auf die Fläche gerichtet ist. Der über dem Oberwasser bestehende Theil ist wenigstens unmittelbar keinem Drucke ausgesetzt.

Von dem Spiegel des Oberwassers bis zu dem des Unterwassers wächst der Druck mit der Höhe des ersteren, bis er der ganzen Niveau-Differenz entspricht. Diese Grösse ist der Druck in dem übrigen Theile des Thores, welches unter dem Spiegel des Unterwassers sich befindet. Der untere Theil des Thores lehnt sich gegen die Schlagschwelle; man kann annehmen, dass derjenige Druck, der diesen Rand trifft, auch unmittelbar auf die Schlagschwelle übertragen wird, und bei Bestimmung der Widerstandsfähigkeit des Thores nicht berücksichtig-

sichtigt werden darf. Ebenso lehnt sich der eine Seitenrand des Thores gegen die Wendenische, und auch hier darf man die mittelbare Uebertragung des Druckes voraussetzen. Bei einem Thore bleibt auf jeder Seite ein solcher Rand ausser Betracht. Die dem Drucke ausgesetzte Fläche des Thores stimmt also mit der Fläche überein, die auf der Seite des Unterwassers begrenzt wird und vom Spiegel des Oberwassers begrenzt wird. Die Stärke des Druckes auf jeden Theil dieser Fläche ist nach dem Vorstehenden leicht zu finden, und man kann sonach theils den Druck, den die ganze Thor, theils auch denjenigen, den jeder horizontale Querschnitt desselben von beliebiger Höhe erleidet, leicht berechnen.

Indem die beiden senkrechten Ränder eines Thores in der Wendenische, theils auch in der Stemmung mit dem Thore, ihre sichere Unterstützung finden, während der obere Rand nicht unmittelbar gestützt werden kann, so ergiebt sich, dass zur Zugweise horizontale Verbandstücke oder Riegel dem Thore die nöthige Festigkeit geben müssen. Senkrecht stehende Verbandstücke, oder Mittelstiele lassen sich freilich an ihren Enden gleichfalls sicher stützen, oben ist dazu aber keine Gelegenheit vorhanden, wenn man nicht etwa den obern Riegel sehr mächtig stark machen wollte, damit auf ihn ein Theil des Druckes, den die untern Riegel erleiden, übertragen werden könnte. Eine solche Absicht liesse sich nur rechtfertigen, wenn sie ohne wesentliche Nachtheile erreicht werden könnte. Wenn man Mittelstiele anwendet, so kreuzen dieselben die Riegel, müssen also überschritten und dadurch geschwächt werden. Man könnte vielleicht noch daran denken, die Riegel ohne Überschneidung an den Stielen vorbeizuführen, dann würde abgesehen von manchen sonstigen Uebelständen der Construction abgesehen die Stärke oder Dicke des Thores vergrössert werden. Die Wendenische müsste demnach auch tiefer werden, und indem die Wendenische in gleichem Maasse zurückgedrängt wird, müsste sich die Länge jedes einzelnen Thorflügels oder die Breite des Thores vergrössern. Eine Folge davon wäre, dass die Zusammenfügung des ganzen Thors verstärkt werden müsste.

Die Anwendung von Mittelstielen erscheint hiernach unpassend, und sie ist es auch gewiss eben so, als wenn man die Sicherung einer Balkenlage Träger darauf legen wollte,

auf der einen Seite unterstützt werden könnten, dagegen mit andern Ende frei lägen und nur von den Balken getragen zu werden. Um den Vergleich vollständig zu machen, muss man auch noch darauf Rücksicht nehmen, dass die Balken in den Kreuzungen tief eingeschnitten, also ausserdem noch wesentlich geschwächt werden müssen. Gewiss wird kein Baumeister solche Construction ausführen oder empfehlen, nichts desto weniger sind die Mittelstiele in unsern Schleusenthoren allgemein. In England, Holland und Frankreich findet man sie nie in dieser Weise angeordnet, sie dienen daselbst nur zur Versteifung der Schützöffnungen, und ihre Höhe beschränkt sich nur auf den Abstand des einen Riegels von dem nächsten, dass sie je einen Riegel überschneiden.

Indem nun die Riegel eines Schleusenthores, mit Einschluss des obern und untern Riegels (die man gewöhnlich den obern und untern Rahm, letztern auch den Schwellrahm nennt), in gleicher Weise, wie die Balken unter einem stark belasteten Brückenbalken, dem Drucke Widerstand leisten müssen, der mittelst des Bohlenbelages auf jeden einzelnen übertrifft wird, so gelten für sie dieselben Regeln, die man in diesen Fällen bei Anordnung der Balkenlagen befolgt. Der Druck ist, wie bereits erwähnt, in den verschiedenen Höhen eines Thores verschieden. Es rechtfertigt sich daher das Verfahren, die obern Riegel in etwas weitem Abständen von einander anzubringen, die untern. Es ist jedoch kein Grund vorhanden, zwischen dem niedrigsten Unterwasser und der Schlagschwelle die Anordnung noch weiter fortzusetzen. In diesem Theile des Thores ist der Druck an allen Stellen derselbe, daher können die Riegel auch gleich weit von einander entfernt sein.

Indem bei den Riegeln, eben so wie bei Balken der Widerstand gegen das Zerbrechen (die respective Festigkeit) in Anspruch genommen wird, so ist es zweckmässig, hochkantige Hölzer dazu zu verwenden, die aber natürlich so zu verbinden sind, dass die Enden auf beiden Seiten in der Richtung des Druckes, also horizontal liegen.

Dabei ohne Nachtheil, wenn die Riegel auf der nach dem Unterwasser gekehrten Seite des Thores vor der Fläche der beiden Mittelstiele, welche man die Wendesäule und Schlagsäule vorstehn. Man kann auch die beiderseits vortretenden

Blätter der Riegel theils gegen die Mauer neben der Wendenische und theils gegen einander stemmen lassen, wodurch je zwei gleicher Höhe liegende Riegel beider Thore in sich eine kräftige Verstrebung bilden.

Sganzin vergleicht \*) bei mehreren Schleusen in französischen Seehäfen den Druck, dem einzelne Riegel ausgesetzt sind, mit ihrer ganzen Festigkeit gegen das Zerbrechen, und findet, dass das Verhältniss sich durchschnittlich auf ein Drittel, in einer Falle aber, nämlich bei einer Schleuse in Antwerpen, auf mehr als die Hälfte stellt. Er erwähnt, dass bei Kanalschleusen der Druck gewöhnlich nur dem fünften, höchstens dem vierten Theil der Festigkeit gleich zu kommen pflegt.

Wie richtig hiernach auch die obige Regel ist, dass man die untern Riegel einander nähern müsse, wenigstens bis zur Hälfte des kleinsten Unterwassers, so ist doch nicht zu übersehn, dass die obern Riegel andern, und zum Theil bedeutenden Gefahren ausgesetzt sind, die bei den untern nicht vorkommen. Hier gehören vorzugsweise die heftigen Erschütterungen beim Gegenstossen der Schiffe und die schnelle Abnutzung des Holzes, welches in kurzen Zwischenzeiten benetzt und dann wieder in der Luft ausgetrocknet wird. Die Erfahrung zeigt auch sehr allgemein, dass die Riegel zwischen dem Ober- und Unterwasser am leichtesten brechen. Man wird daher bei Anordnung der Thore diese Umstände gleichfalls berücksichtigen und namentlich sich hüten müssen, die Riegel, welche hier liegen, durch Ueberschneidung zu sehr zu schwächen.

Bei den grössern Schleusen in England ist es allgemein üblich, die Riegel noch dadurch zu verstärken, dass man nicht gerade sondern krumme Hölzer dazu wählt, wodurch die Oberfläche jedes Thores sich in eine cylindrische Fläche verwandelt. Das Zerbrechen der Riegel wird hierdurch ohne Zweifel kräftig verbeugt; man darf aber nicht übersehn, dass bei einer eintretenden Formveränderung, in Folge eines starken Druckes, die Länge des Thores sich vergrössert, es also einen starken Seitendruck gegen die Wendenische ausübt, dem hinreichender Widerstand

---

\*) *Cours de construction des ouvrages de la navigation et rivieres.* Paris 1841. Seite 209.



set werden muss. Ein Druck dieser Art tritt schon aus andern Thoren bei allen Stemmthoren ein, man darf ihn daher nie unbedacht lassen, doch wird er bei dieser Anordnung noch verstärkt.

Endlich müssen die Riegel auch so nahe neben einander liegen, dass die darüber genagelten Bohlen nicht brechen. Hier würde es nicht zulässig sein, ungewöhnlich starke Hölzer als Riegel zu verwenden, um die Anzahl derselben möglichst zu mindern.

Die vorstehende Erörterung bezieht sich allein auf die Voraussetzung, dass jedes Thor an beiden Seiten vollständig unterstützt ist, oder dass die Riegel jedesmal mit beiden Enden gegen die Wände sich lehnen. Dieses ist bei einfachen Thoren allerdings der Fall, aber nicht bei Stemmthoren. Jedes Stemmthor ist nur an der einen Seite, und zwar durch die vortretende Kante der Wendenische gestützt, während es sich mit der gegenüberliegenden Seite gegen den andern Thorflügel lehnt, der gleiche Festigkeit und Biegsamkeit hat. Wäre ein Thorflügel absolut steif, so würde seine Stellung, indem er sich unten noch gegen die Schlagschwelle lehnt, schon vollständig gesichert sein. Dieses würde sogar stattfinden, wenn auch beide Flügel nicht einander unterstützen. Der Verband des Thores ist indessen keineswegs von der Art, dass man es als absolut steif ansehen kann, es wird vielmehr bei starkem Seitendrucke und ungleichmässiger Unterstützung durchbiegen. Eine Folge hiervon ist, dass beide Thore in der Linie, wo sie sich berühren, und namentlich im vordern Theile, nach der Seite des Unterwassers herübergedrängt werden, wenn dieses nicht auf andre Weise verhindert wird.

Man begegnet dieser Bewegung dadurch, dass man die Thore an ihrem Rücken stützt, so dass jede Verstrebung, welche durch zwei Riegel gebildet wird, auf keiner Seite ausweichen kann. Zum Theil geschieht dieses freilich schon durch die Verankerung des Halsbandes, welches die obere Drehungsaxe des Thores umschliesst, aber eines Theils darf man eine solche Axe nicht solches Halsband nicht übermässig belasten, und andern Theils an der Druck der mittleren Riegel schon eine Biegung der äussern Säulen des Thores oder der Wendesäulen, falls diese oben und unten gehalten werden, veranlassen. Man muss

daher dafür sorgen, dass jeder einzelne Riegel, wenn er sich nicht unmittelbar scharf an die Seitenmauer stemmt, doch mit durch die Wendesäule vollständig gestützt wird, oder dass let in der ganzen Höhe des Thores, sobald dieses geschlossen mit ihrem Rücken die Höhlung der Wendenische genau berü

Der aus dem Zusammenstemmen beider Thore entstel Druck nach der Längenrichtung derselben ist sehr bedeutend, zwar um so stärker, je stumpfer der Winkel ist, den die b Schlagschwellen einschliessen.

Die lichte Weite der Oeffnung  $AB$  Fig. 300 sei gleich und  $CD$  oder die Höhe des gleichschenkligen Dreiecks gleich. Ferner bezeichne  $b$  den Abstand zweier Riegel, von Mitte zu gemessen, oder die Höhe desjenigen Theiles eines Thores, d Druck einen Riegel trifft;  $h$  die Druckhöhe des Wassers, v diesen Druck veranlasst und  $\gamma$  das Gewicht von einem Cubi Wasser. Alsdann wird der ganze Druck, der diesen Thei Thores trifft, gleich

$$\frac{1}{2} \omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

sein. Die Hälfte desselben wird durch die Wendenische i hoben, die andre Hälfte wirkt am andern Ende des Thores zwar normal auf dessen Ebene. Dieser Theil des Druckes is

$$P = \frac{1}{4} \omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

Ein eben so starker Druck, der gegen die Ebene des a Thores senkrecht gerichtet ist, wird von dem letztern aus Diesen beiden Kräften müssen die Riegel durch ihre gegeni Strebung entgegenwirken. Bezeichnet man den entsprech Gegendruck in der Längenrichtung eines Riegels mit  $Q$ , e merkt man zunächst, dass kein Theil des Druckes  $P$  von Thore auf das andre sich überträgt, und in jedem Flüg Kraft  $Q$  dem zugehörigen  $P$  entsprechen muss. Damit al der Richtung der Axe der Schleuse Gleichgewicht stattfinde,

$$P \cdot \cos \varphi = Q \cdot \sin \varphi$$

sein, wenn  $\varphi$  das Complement des Winkels bezeichnet, de Schlagschwelle mit der Axe der Schleuse macht. Man kan  $\varphi$  durch  $n$  ausdrücken, nämlich

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{2}{n}$$

$$\begin{aligned} \text{aber } Q &= \frac{P}{\operatorname{tang} \varphi} \\ &= \frac{1}{2} n P \end{aligned}$$

$$\text{daher } Q = \frac{1}{8} \omega h b \gamma \sqrt{n^2 + 4}$$

ist man beispielsweise

$$\omega = 30 \text{ Fuss}$$

$$h = 10 \text{ Fuss}$$

$$b = 3 \text{ Fuss}$$

$$\text{und } n = 4$$

da  $\gamma = 66 \text{ \&}$  ist, der Druck in der Längenrichtung des Riegels, oder

$$Q = 33205 \text{ \&}$$

d. h. etwas über 300 Centner.

ergibt sich hieraus, dass die Wendesäule, auf welche der Riegel sich zunächst überträgt, durchbiegen muss, e nicht unmittelbar von der Wendenische gehalten wird, h in ihrem Rücken an dieselbe lehnt. Die sämmtlichen Riegel pressen sie aber in gleicher Weise, und wenn auch der Riegel unmittelbar an der Schlagschwelle liegt und daran untern Zapfen in der Drehungsaxe des Thores untergebracht wird der obere Zapfen, falls er den Druck aller übrigen Riegel nach Massgabe des Abstandes derselben aufheben soll, übermässig belastet, dass die Gefahr eines Bruches sehr groß ist. Diese Gefahr wird aber oft durch Zufälligkeiten noch erhöht. Wenn z. B. die Oberthore einer Schleuse nicht zeitig geschlossen sind, man vielmehr die Schütze in den Unterthoren früher geöffnet hat, und einige Strömung hindurchgeht, werden jene mit Heftigkeit zusammen, und dann geschieht häufiger, dass der obere Zapfen, oder sein Halsband, die Verankerung desselben bricht, falls auf diese Theile der Stoß übertragen wird, und die Wendesäule nicht selbst die Wendenische sich stemmt. Bei See-Schleusen verursacht der Wellenschlag häufig ein heftiges Zuschlagen der Riegel. Wenn nämlich der Wasserstand in der Kammer mit dem

äussern übereinstimmt, so schliessen sich die Thore beim I gange jeder Welle, und öffnen sich sogleich wieder, da in der Wellenbewegung der Druck bald auf der innern, bald a äussern Seite stärker wird. Ein solches Auf- und Zusc der Thore ist höchst gefährlich, lässt sich aber zuweilen, gerade Schiffe hindurchgehn sollen, nicht ganz vermeiden, so nütlicher wird daher hier die Vorsicht, die Wendesäule mittelbar gegen die Wendenischen zu stützen.

Als die Schleuse bei Buiksloot in der Nähe der sü Mündung des Nordholländischen Kanales kaum fertig wa in ihr ein solches Auf- und Zuschlagen der äussern Tho Das eine Halsband brach, die Thore schlugen um und tral das zu ihrer Unterstützung dicht dahinter gestellte zweite paar, das sie auch zerschlugen. Sogleich bildete sich ein l Strom in das Binnenland, der eine sehr verderbliche Inu in dem südlichen Theile der Provinz Nordholland besorgen Indem eine Menge Arbeiter in der Nähe beschäftigt, auch material jeder Art vorhanden war, so gelang es, den St stopfen und die Niederung zu retten. Die Schleusenthore sich aber in dieser, wie in allen Schleusen des Nordhollän Kanales nur stumpf g'tgen den flachen Rand der Wende ohne mit der Wendesäule sich in die Kehle der Nische zu Fig. 296 deutet den Schluss an, den man ihnen gegeb und dieser Umstand war wohl vorzugsweise Veranlassu Bruches. Auf den obern Zapfen übertrug sich der ganze druck der Riegel, und die Verankerung löste sich, ind Steine, welche die Splinte der Anker stützen sollten, zum herausgeworfen wurden. Dazu kam freilich noch der ung Umstand, dass der Mörtel sehr schlecht war. Man kann selben in den entblösten Fugen leicht auskratzen und z den Fingern zerreiben. Statt Trass anzuwenden, wie so schieht, hatte man bei diesen wichtigen Bauten nur ei Ziegelmehl, nämlich gebrannten Schlick aus dem Y benutzt wahrscheinlich wäre das Unglück dennoch nicht erfolgt, we die Thore so eingerichtet hätte, dass sie gegen die Ke Wendenische sich steuern konnten.

Bei Beschreibung des Kanales von Briare macht Sch die Nothwendigkeit einer solchen Stemmung der Schleus

falls aufmerksam \*) und bezeichnet die Unterlassung derselben als Ursache, dass dort so viele Zapfen und Halsbänder vorkommen sind. Die Aufstellung dieser Thore war ganz eigenartig. Die Drehungsaxe befand sich nämlich hinter der Wendesäule, indem eine eiserne Oese in der Verlängerung der Mittelstange des Thores angebracht war, und zwei ähnliche oberhalb und unterhalb der ersteren aus der Mauer vortraten, die mittelst eines Bolzens das Charnier bildeten, in welchem das Thor sich drehte. Die Wendesäule durfte dabei gar nicht cylindrisch sein, indem sie sich nur flach gegen die ebene Fläche der Mauer lehnte. In diesem Falle übertrug sich der starke Druck der Thore vollständig auf die Charniere, die daher so häufig zerschlagen wurden.

Perronet hatte beim Bau der Schleusen des Kanals von Bréguet \*\*) schon die Bedingung aufgestellt, dass die Mittelstange der Thore, sobald sie geschlossen, die Wendesäulen betasteten. Bei den Englischen Schleusen, und zwar eben sowohl bei den grössten, wie bei den kleinsten, wird durch die nämliche Anordnung des Halsbandes hierfür jedesmal voll und ganz gesorgt. Das Halsband umfasst nämlich den Zapfen des Thores nur auf der vordern Seite; die hintere Hälfte des Halsbandes fehlt ganz, kann also dem erwähnten Drucke des Thores keinen Widerstand leisten. Sobald demnach die Pressung in die Richtung eines Thorflügels eintritt, wird letzterer von demselben soweit zurückgedrängt, bis er sich der Kehle der Wendesäule fest anschliesst.

Der Grund, weshalb man diese Regel in den erwähnten Beispielen, und vielleicht noch in vielen andern Fällen, nicht befolgt hat, wohl darin zu suchen, dass man die Reibung zwischen der Wendesäule und der Wendesäule vermeiden wollte.

Es kaum anzunehmen, dass diese Reibung sehr erheblich ist, und dass bei der gewöhnlichen Einrichtung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder die Thore nicht um eine ganz genau schliessende Oefnung drehen, vielmehr sehr bald die Zapfen, sowie auch die Halsbänder sich etwas ausschleifen, und die Thore daher nicht

Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Seite 180.

Oeuvres de Perronet. Paris 1788. Seite 453.

Gen., Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



mehr scharf an der Wendensche anliegen, sobald der Wasserdruck aufhört. Man kann sich von der Richtigkeit dieser Bemerkung leicht überzeugen, wenn man das Schliessen der Thore beobachtet. So lange der Wasserstand von beiden Seiten gleich ist, hängen die Thore etwas über, und die beiden Schlagstiele berühren sich nur oben, während man häufig die Fuge zwischen beiden Thoren deutlich wahrnehmen kann, die sich von oben nach unten erweitert. Wenn dagegen der Wasserstand auf der einen Seite gehoben, oder auf der untern Seite gesenkt wird, so bemerkt man, dass plötzlich beide Thore die senkrechte Stellung annehmen, indem jene Fuge sich schliesst, und die Thore scharf gegen die Wendesäulen gepresst werden. Hiernach ist das in Holland und England gewöhnliche Verfahren, wobei die Wendensche wie die Wendesäulen übereinstimmende cylindrische Flächen bilden und die Drehungsaxe mit der cylindrischen Axe zusammenfällt, ohne Nachtheil. Der scharfe Schluss tritt nur ein, wenn der Wasserdruck wirksam ist: er fehlt also während der Drehung des Thoros, und die Reibung ist sonach in dieser Zeit auch nicht so stark, dass man, um sie zu vermeiden, die sehr wichtige Rücksicht auf die gehörige Unterstützung der Thore gegen den Seitendruck unbeachtet lassen sollte.

Man kann indessen diese Reibung für den grössten Theil des Weges, den das Thor bei der Drehung beschreibt, noch dadurch vermindern, dass man die Drehungsaxe etwas seitwärts von der Axe des Cylinders anbringt. Bei den Schleusen des Kanals von St. Quentin fand Schulz im Jahre 1804 diese Anordnung schon vor. Eytelwein beschreibt in seiner praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst dieses Versetzen der Drehungsaxe, und es ist seitdem bei uns ganz allgemein üblich geworden. Es besteht in Folgendem.

Man zeichne das Thor in beiden Stellungen, nämlich während es geschlossen und ganz geöffnet ist, wie Fig. 301 in *A* und *B* zeigt. In der Stellung *B* steht es parallel zur Axe der Schleuse, und es ist dabei in dieser Richtung so weit zurückgezogen, als man es zur Verhinderung jener Reibung von der Wendensche entfernen will. Der Mittelpunkt der cylindrischen Fläche der Wendesäule ist dabei von *D* nach *D'* gerückt, die Entfernung beider stimmt mit jenem willkürlich gewählten Ab-

de überein. Damit der Mittelpunkt bei der Drehung des Thores diesen Weg beschreibt, muss die Drehungsaxe offenbar der Senkrechten  $GH$  liegen, die man in der Mitte der Punkte  $D$  und  $D'$  auf deren Verbindungslinie errichtet. Nur in diesem Falle sind die Abstände dieser Punkte vom Drehungspunkte einander gleich. Ausserdem müssen aber auch die aus  $D$  und  $D'$  zum diesem Drehungspunkte gezogenen Linien also  $CD$  und  $CD'$  denselben Winkel bilden, welcher dem Drehungswinkel des Thores gleich ist, weil bei der ganzen Drehung des Thores der Punkt  $C$  nach  $D'$  kommen soll. Um diese letzte Bedingung zu erfüllen, zieht man die Mittellinien  $AK$  und  $BD$  des Thores. Der Winkel  $BDK$  ist das Complement des Drehungswinkels, und halbirte denselben durch die Linie  $DE$ , so wird  $C$  die gesuchte Drehungsaxe bezeichnen. Jeder der beiden Winkel bei  $D$  und  $D'$  in den kleinen Dreiecke ist nämlich nach der Construction gleich der Hälfte des Complements des Drehungswinkels, der Winkel  $C$  stimmt also mit diesem Drehungswinkel überein.

Gewöhnlich beschränkt man den Abstand des geöffneten Thores von der Wendenische, oder die Linie  $DD'$  auf einen halben, Aussersten Falles auf einen ganzen Zoll. In der Figur ist das Verhältniss zur Stärke des Thores eine viel bedeutendere Absetzung angenommen, weil die Construction bei dem kleinen Thore sonst nicht deutlich hätte dargestellt werden können.

Die Verbandstücke der Thore bestehn gewöhnlich aus Eisen, doch hat man wegen der Vergänglichkeit desselben mehrmals auch Gusseisen und in neuester Zeit sogar gewalztes Eisen verwendet. Obwohl die einzelnen Theile der Thore bereits oben erwähnt sind, so scheint es angemessen, sie in einer vollständigen Zusammenstellung noch zu bezeichnen. Ich nehme in Bezug auf Fig. 302  $a$  und  $b$ , woselbst sie sämmtlich anzuwenden sind;  $a$  ist die Ansicht vom Oberwasser, und  $b$  die Ansicht vom Unterwasser.

Die Wendesäule bildet entweder unmittelbar oder mittelst eines Zapfens die Drehungsaxe des Thores, und steht in der Wendenische. In den beiden Figuren  $a$  und  $b$  befindet sie sich auf den äussern Seiten. Sie ist nach der Fläche eines halben Cylinders bearbeitet, an welche sich tangential die beiden

Seitenflächen des Thores anschliessen, wie der horizontale schnitt *c* zeigt.

Die Schlagsäule, welche beide Figuren auf der Seite darstellen, steht der Wendesäule gegenüber. Wenn Thore geschlossen sind, müssen die Schlagsäulen sich berühren und einen wasserdichten Abschluss bilden. Um vollständiger zu erreichen pflegt man, wie der horizontale schnitt *c* zeigt, die äussere Ecke abzustumpfen, damit die Kugel in einer Fläche von angemessener Breite erfolge. Man lässt man den Kopf der Schlagsäule  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Fuss über dem obern Rahm vortreten, indem die Zugstangen oder die andern Vorrichtungen, wodurch das Thor geöffnet und geschlossen wird, hier befestigt zu sein pflegen. Ausserdem werden die vortretenden Köpfe auch wohl gegen einander durch geschlungene Ketten verbunden, um das Auf- und Zugeschlagen des Thores und das Zusammenschlagen derselben zu vermeiden, wenn der Wasserstand auf beiden Seiten derselbe ist, und sonst ein äusserer Druck statt findet.

Der untere Rahm oder Schwellrahmen lehnt sich, wenn das Thor geschlossen ist, unmittelbar gegen die Schlagsäule, an welche er gleichfalls wasserdicht sich anschliessen muss. Derselbe bildet mit der Wendesäule, Schlagsäule und dem

obern Rahm den Umfassungsrahmen des ganzen Thores. In manchen Fällen und namentlich bei kleinen Thoren an denen der obere Rahm über die Wendesäule fort, und der obere Theil der Schleusenwände vortretende Theil desselben, der Drehschwell genannt (Fig. 262 und 264), dient alsdann theils zum Öffnen und Schliessen des Thores, theils aber auch zum Gegengewicht, um das Sacken des Thores zu verhindern.

Die Thorriegel liegen zwischen dem obern und dem untern Rahm parallel zu demselben, und sind oft von beiden ganz verschieden. Nach dem oben Angeführten muss man sie als diejenigen Verbandstücke ansehen, auf welchen die Festigkeit des Thores vorzugsweise beruht. Sie treten häufig, wie Fig. 262 zeigt, vor der Fläche des Umfassungsrahmens und zwar nach dem Unterwasser gekehrten Seite bedeutend vor, um die grössere Holzstärke dem Wasserdrucke einen kräftigen Widerstand entgegen setzen zu können. Dieser Zweck wird

bereits erwähnt, um so vollständiger erreicht, wenn die vortretenden Blätter an beiden Enden sich unmittelbar theils gegen die Wendenischen und theils gegen einander lehnen, und sonach je zwei Riegel in einem Thorpaare für sich ein horizontales Sprengewerk bilden. Diese Anordnung kommt indessen nur selten vor, gewährt auch wohl für die Dauer keine grössere Sicherheit, indem das Hirnholz an den Enden der Riegel bald leidet.

Die Strebe, welche am Fusse der Wendesäule und im obern Rahm befestigt ist, hat nur den Zweck, das Sacken des Thores zu verhindern. Sie fehlt daher, sobald dieses Sacken auf andre Art vermieden wird. In manchen Fällen werden die Thore, besonders wenn sie sehr breit sind, durch zwei auch wohl drei parallele Streben unterstützt, von denen die obere von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des obern Rahms reicht.

Mittelstiele, welche die ganze Höhe des Thores haben, und alle Riegel, so wie auch die Strebe kreuzen, kommen anderweitig nicht vor, sind vielmehr nur im nördlichen Deutschlande üblich. Es ist bereits davon die Rede gewesen, dass sie nicht nur zur Verstärkung der Thore nichts beitragen, sondern letztere nur unnöthig belasten und sogar schwächen, indem die Riegel in den Kreuzungen überschritten werden müssen. Besonders nachtheilig wäre es, wenn die Kreuzung eines Mittelstiels mit der Strebe auf einen Riegel träfe, wodurch letzterer um so tiefer eingearbeitet werden müsste. Man vermeidet dieses, indem man theils die Riegel, theils auch die Strebe so unordnet, dass die Kreuzungen nicht zusammenfallen. Es ist aber nicht in Abrede zu stellen, dass dadurch diese Verbandstücke zuweilen eine weniger zweckmässige Lage erhalten. Mittelstiele, welche nur von dem untern Rahm bis zum nächsten Riegel, oder von diesem bis zum zweiten Riegel reichen, kommen auch bei Niederländischen, Französischen und Englischen Schleusen vor. Der eben erwähnte Nachtheil tritt bei ihnen nicht ein, indem sie die Riegel nicht überschneiden. Sie dienen alsdann nur zur Einfassung der Schützöffnung.

Die benannten Verbandstücke des Thores werden auf einer Seite, nämlich derjenigen, die dem Oberwasser zugekehrt ist, mit einer Bekleidung versehen, welche die sämmtlichen Felder, mit Ausnahme der Schützöffnung wasserdicht schliesst. Die äussere



Oberfläche der Bekleidung bildet eine Ebene, oder bei unsern Schleusen in England eine cylindrische Fläche. Gewöhnlich bringt man sowohl bei hölzernen als auch bei eisernen Thoren eine hölzerne Bekleidung, aus einfachem Bohlenbelage bestehend, an, nur bei unsern Schleusen ist der doppelte Bohlenbelag gebräuchlich. In neuester Zeit hat in einigen wenigen Fällen auch die Anwendung gefunden, indem die Felder zwischen eisernen Riegeln durch starke Bleche geschlossen sind.

Bei Beschreibung der Zusammensetzung der Thore ist die Erwähnung der Laufbrücken auf denselben zu erwähnen, die theils dem Publikum zur Benutzung überlassen werden, theils aber zur Durchschleusen der Schiffe und namentlich zum Oeffnen der Thore in den Thoren nicht entbehrt werden können.

Ferner ist die Befestigung der Thore von Wichtigkeit. Die Drehung erfolgt um die Wendesäule, doch die unmittelbare Benutzung derselben als Drehungsart verursacht starke Reibung und Abnutzung veranlassen, woher man einen eisernen oder stählernen Zapfen im Schleusenboden der in einer eisernen oder metallenen Pfanne ruht. Auf dem Zapfen wird häufig ein ähnlicher Zapfen angebracht, und das Band, welches denselben, oder auch wohl den runden Wendesäule umfaßt, muss nicht nur sehr sicher in der Mauerwand befestigt, sondern auch mit einer Vorrichtung versehen sein, welche ein Oeffnen oder Abheben desselben gestattet, man die oft erforderlichen Reparaturen der Thore vornehmen kann, ohne die Mauern abbrechen zu dürfen.

Das Schleusenthor ist aber noch in andrer Weise zu stützen. Es kann nämlich in demselben, da es nur auf einer Seite gehalten wird, ein höchst nachtheiliges Durchbiegen und Sacken entstehen. Um dieses zu verhindern, hat man verschiedene Mittel angewendet, von denen eines, nämlich die Stütze, bereits im Vorstehenden erwähnt worden ist.

Die Thore sind gewöhnlich mit gewissen Oeffnungen versehen, wodurch die Schleusenkammer vom Oberwasser entleert wird, oder nach dem Unterwasser entleert wird. Wenn die Thore zur Seite angebracht sind, werden diese Oeffnungen ebenfalls zur Seite angebracht. In beiden Fällen müssen aber Vorrichtungen zum Oeffnen und Schliessen angebracht sein.



lich muss auch dafür gesorgt werden, dass die Thore d möglichst leicht geöffnet und geschlossen werden: die hierzu dienenden Vorrichtungen werden später beschrieben werden.

### §. 104.

#### **Hölzerne Schleusenthore.**

Anwendung des Holzes zu den Verbandstücken und der der Schleusenthore begründet sich nicht nur durch deren Kosten des Holzes vergleichungsweise gegen das Eisen, sondern auch durch die grössere Sicherheit beim Gebrauche, heftigen Stössen, die doch immer nicht ganz vermieden werden, der Bruch des Holzes nicht so plötzlich und so heftig, wie der des Gusseisens eintritt. Dagegen hat das Holz dieser Verwendung unverkennbar die beiden grossen Nachteile der Vergänglichkeit, und der Formveränderung. Beide Nachtheile werden durch die häufige Abwechselung des Benetzens noch mehr veranlasst.

Um den hölzernen Schleusenthoren eine möglichst lange Dauer zu sichern, muss man nicht nur gesunde und recht starke Holzstücke, sondern diese auch aus Holzarten wählen, welche besonders fest sind und beim Wechsel der Nässe und Trockenheit am wenigsten leiden. Die Anwendung des Eichenholzes ist aus diesen Gründen ziemlich allgemein eingeführt, da zuweilen einzelne Theile der Thore auch aus kernigem Holz mit Vortheil dargestellt werden können.

Um einer Formveränderung der Thore, soweit es möglich ist, vorzubeugen, wodurch augenscheinlich die Wasserdichtigkeit des Verschlusses beeinträchtigt wird, muss man nicht nur eine möglichst solide Verbindung sorgen, die das Verziehen der einzelnen Stücke verhindert, sondern man muss auch geeignete Hölzer wählen, die nicht stark über den Spahn hinausragen. Hierbei kommt indessen noch ein wesentlicher Umstand in Betracht, der zuweilen übersehen, oder dessen Wirkungen nicht richtig beurtheilt werden.

Ein Schleusenthor bleibt nämlich theilweise immer der Benetzung des Wassers ausgesetzt, und in vielen Fällen, namentlich

bei Kanälen mit unverändertem Wasserstande werden die Oberflächen fortwährend fast in ihrer ganzen Höhe benetzt; auch bei den Unterthoren geschieht dieses beim jedesmaligen Füllen der Kammer. Die Thore können daher, solange sie im Gebrauche sind, niemals austrocknen und bleiben sogar meist fortwährend in Berührung mit dem Wasser. Wenn daher stark ausgetrocknetes Holz bei der Anfertigung neuer Thore angewendet wird, so ist eine Formveränderung und zwar schon unmittelbar nach dem Einhängen der Thore selbst ganz unvermeidlich. Der scharfe Schluss gegen die Wendischen und Schlagschwellen, so wie auch der beiden Thore unter sich wird aufgehoben, und ausserdem treten, namentlich beim Quellen der Bekleidung Spannungen ein, welche die Festigkeit der ganzen Verbindung beeinträchtigen.

Man gedenkt häufig, aus diesem Quellen den Vortheil zu ziehen, dass das Thor um so dichter werden soll, aber dies ist ein Vortheil, der auch auf andre Weise, nämlich durch sorgfältige Bearbeitung schon vollständig zu erreichen ist. Ausserdem ist es gewohnt, zur bessern Conservirung des Holzes, dasselbe vor dem Gebrauche zu theeren, und da es in andern Fällen allerdings denklich ist, einen Ueberzug, der das Austrocknen verhindert, auf nasses Holz aufzubringen, so glaubt man auch in diesem Falle zuvor für eine recht vollständige Austrocknung sorgen zu müssen. Die Verhältnisse sind indessen bei einem Schleusenthore ganz anders, als bei einer Brücke u. dergl., und es ist hier kein Grund vorhanden, weshalb der Theerüberzug nicht auf das noch ziemlich frische Holz aufgebracht werden sollte.

Das Quellen des Holzes bei zutretender Nässe zeigt sich vorzugsweise in der Querrichtung der Fasern, indem dieselben sich etwas von einander entfernen. In der Längsrichtung der Fasern ist es dagegen nur geringe, und scheint bei einigen Holzarten ganz zu fehlen. Die Riegel der Schleusenthore werden demnach wenig oder gar nicht verlängert, dagegen dehnt sich die Wendeschwelle und die Schlagsäule in ihrer Breite oder in der Längsrichtung der Thores aus. Bei ersterer ist dieses besonders merklich, da sie gemeinhin 18 Zoll oder drüber breit ist. Ausserdem drängt die Bekleidung die beiden benannten Verbandstücke aus einander, weit es geschehn kann, und in Folge dieser verschiedenen Ursachen verlängert sich jeder einzelne Thorflügel, wenn er ge-

ehängt war. Die beiden Flügel berühren sich dem-  
 ehe sie die Schlagschwellen treffen, und es bleibt  
 Fuge unter den Thoren offen, durch welche, sobald  
 Wasserdruck abhalten sollen, ein starker Strahl mit  
 igkeit hindurchspritzt. Schon der Stoss dieses Strah-  
 1 einzelnen Erfahrungen die Kammerböden so sehr  
 dass ausgedehnte Reparaturen erforderlich wurden.  
 kann bei bedeutendem Wasserdrucke in diesem Falle  
 welches nur in den Zapfen gehalten wird, und wegen  
 1 Berührung mit festen Schleusentheilen, nur wenig  
 eidet, auch gehoben und namentlich das Halsband,  
 obern Zapfen der Wendesäule umfasst, dadurch be-  
 den. Es ist hiernach gewiss rathsam, zu den Schlen-  
 venn auch nicht ganz nasses, doch wenigstens nicht  
 s Holz zu verwenden, auch das vollständige Aus-  
 1 Reservethoren zu vermeiden, die vielleicht für den  
 nöglichen Bruches der alten Thore schon lange vor  
 en Gebrauche vorgerichtet waren.

zelen Verbandstücke der Thore sind schon oben be-  
 m: bei unsern Fluss- und Kanalschleusen  
 sämtlich vor und zwar in der Art, wie Eytelwein  
 tischen Anweisung zur Wasserbaukunst (4tes Heft)  
 mensetzung beschrieben hat.

2 *a*, *b* und *c* stellt ein Schleusenthor dieser Art vor,  
 on der Seite des Oberwassers, *b* von dem Unterwas-  
 ehn und *c* von oben. Zur Beurtheilung der in den  
 ählten Dimensionen muss noch bemerkt werden, dass  
 enhaupt, worin dieses Thor sich befindet, 21 Fuss

isammensetzung der Verbandstücke ergibt  
 theils aus den Figuren. Wo zwei Stücke sich kreuz-  
 ide überschneiden: doppelte Ueberkreuzungen an einer  
 1 stets vermieden, wodurch die Stücke auch zu sehr  
 werden würden. Auf der dem Oberwasser zugekehr-  
 indet sich die Bekleidung des Thores, welche auf  
 den Mittelstielen und der Strebe aufliegt, dagegen in die  
 andstücke eingelassen ist, welche den äussern Rahmen  
 bilden. Hiernach treten die Schlag- und Wendesäule,

sowie der obere und untere Rahm um die Stärke der äussern Bekleidung vor den innern Verbandstücken auf dieser Seite des Thores vor. Im vorliegenden Beispiele beträgt die Stärke der äussern Bekleidung 1 Zoll.

Auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thores liegen die Verbandstücke frei, ihre äussern Seitenflächen fallen hier aber nicht in eine Ebene, da sie nicht sämmtlich dieselbe Stärke haben. Die Riegel, die, wie bereits erwähnt, besonders stark sein müssen, greifen über alle übrigen Verbandstücke fort; die Strebe bleibt gleichfalls hinter den Riegeln zurück, tritt aber vor die Mittelstiele vor, und greift ausserdem mit beiden Enden über die Wendesäule und den obern Rahm. Die Mittelstiele treten von den äussern Verbandstücken nicht vor.

Diese äussern Verbandstücke, nämlich die Wende- und Schlagsäule, so wie der Ober- und Unterrahm sind 10 Zoll stark (in der Richtung der Normale auf die Ebene des Thores). Die Stärke der Mittelstiele ist um 1 Zoll geringer, indem die äussere Bekleidung darauf liegt. Die Strebe tritt auf der Seite des Unterwassers um 2 Zoll, und jeder Mittelriegel um 4 Zoll vor die Mittelstiele und die äussern Verbandstücke vor. Die Strebe ist demnach 11 Zoll und die Mittelriegel sind 13 Zoll stark. In den Kreuzungen der Mittelstiele und Riegel mit der Strebe sind erstere 5 Zoll, letztere ist dagegen nur 4 Zoll tief eingeschnitten. Andererseits sind die Mittelstiele, wo sie die Riegel treffen, 4 Zoll und die Riegel 5 Zoll eingeschnitten. Es ergibt sich hieraus, dass die Riegel an der Seite der Bekleidung stark geschwächt werden, woher ihre Verstärkung an der andern Seite um so nöthiger wird.

Die sämmtlichen Verbandstücke mit Ausnahme der Wende- und Schlagsäule sind an jedem Ende mit doppelten Zapfen versehen. Ausserdem haben die Riegel und die Strebe an jedem Ende noch einen Blattzapfen, womit sie über die Wende- und Schlagsäule und den obern Rahm greifen. Ferner ist die Strebe sowohl oben, als unten mit einer einfachen Versatzung versehen und dasselbe findet auch an beiden Enden des obern und unteren Rahms statt, und zwar sind diese letztern Versatzungen stets nachwärts gekehrt. Endlich pflegt man auch die Riegel 2 Zoll länger als den Zwischenraum zwischen der Schlag- und Wende-

zu zuzuschneiden, und sie an jeder Seite einen Zoll tief in die erwähnten Verbandstücke einzulassen. Der Zweck dieses lassens, so wie auch der Versatzungen an dem obern und untern Rahm ist wohl nur die Darstellung einer von den Zapfen abhängigen Verbindung.

Die Wendesäule erhält eine sehr bedeutende Breite; im vorerwähnten Falle von 18 Zoll. Dieses rechtfertigt sich dadurch, dass sie den ganzen übrigen Theil des Thores trägt. Dass die Schlag säule an derjenigen Seite, welche von der Wendesäule abhebt, schräge abgeschnitten ist, damit beide Wendesäulen, in die Thore geschlossen sind, in der Axe des Hauptes sich berühren, ist bereits erwähnt. Häufig findet diese Berührung aber nicht in der ganzen Stärke der Schlagsäulen, sondern nur in der Fläche von etwa 4 Zoll Breite statt, wodurch der Schluss immer dargestellt werden kann. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass man dem mittleren Theile des untern Rahms gemeinhin der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine um 4 Zoll grössere Stärke giebt, damit das Schütz oder die Schossthüre auf einer Verstärkung, wie auf einem Fachbaume aufstehen kann. Dies ist indessen wohl ohne Nachtheil, ein Bohlenstück zu diesem Zwecke an den untern Rahm zu nageln.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass alle Verbandstücke grosser Sorgfalt bearbeitet und die Zapfen, Zapfenlöcher, Versatzungen scharf schliessend zugeschnitten und ausgestossen werden müssen. Man pflegt aber, um das Eindringen des Wassers in die Zapfenlöcher zu verhindern, diese sowohl, wie auch die Zapfen und überhaupt alle sich berührenden Holzflächen unmittelbar vor der Zusammensetzung mit heissem Theer zu bestrichen.

Bei der Zusammensetzung des Thores werden zuerst die beiden Mittelstiele mit der Strebe verbunden, alsdann bringt man den Riegel und die beiden Rahme auf. Zuletzt wird die Schlag säule und Wendesäule eingesetzt. Alle Zapfen werden sodann mit einem oder zwei hölzernen Nägeln befestigt.

Bevor die Bekleidung des Thores eingesetzt wird, bringt man die Hauptbeschläge an, damit bei dem scharfen Eintreiben der Bohlen die Verbandstücke nicht etwa aus einander gedrängt werden. Diese Beschläge bestehn, wie die Figuren zeigen, aus



einem Bügel und sechs Winkelbändern. Der erste umfaßt obere Ende der Wendesäule und greift auf jeder Seite etwa 1/2 weit über den obern Rahm, die drei übrigen Ecken auf Seite des Thores werden mit den sechs Winkelbändern verbunden. Diese Beschläge werden sämmtlich in das Holz eingelassen, die dazu erforderlichen Nuthen werden schon vor der Zusammensetzung des Thores ausgearbeitet. Die Winkelbänder an dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thores liegen hinter Blattzapfen der Strebe. Zu bemerken ist hierbei noch, daß eiserne Zapfen am obern Ende der Wendesäule, schon vor Aufbringen des Bügels eingesetzt werden müssen.

Die sämmtlichen beschriebenen Beschläge sind so angeordnet, daß sie auf beiden Seiten des Thores sich genau gegenüber liegen, man kann daher die beiderseitigen Schienen durch Schrauben oder vernietete Bolzen unmittelbar mit einander verbinden. Zur Unterstützung des Bügels, der allerdings die wichtigste Verbindung darstellt, pflegt man noch in die obere Fläche des Rahms und in den vortretenden Kopf der Wendesäule eine kräftige Schiene einzulassen, welche auf den Oberrahmen starke Nägel befestigt, und an der Wendesäule durch einen gestreiften eisernen Ring gehalten wird. Diese Verbindung indessen von wenig Nutzen. Der erwähnte Ring verhindert gegen das Reißen des Holzes und wird daher eben sowohl oben, wie am untern Ende der Wendesäule angebracht, pflegt man auf den Kopf der Schlagsäule einen ähnlichen Ring zu ziehen.

Das im Vorstehenden beschriebene Thor ist, wie bisher gewöhnlich geschieht, mit einer Bekleidung aus doppelter Dielenbelage versehen. Diese Dielen werden auch nicht aufgenagelt, sondern sind mit Falzen oder halber Spalte versehen. Man glaubt hierdurch eine vollständigere Wasserdichtigkeit zu erreichen; es ist aber nicht zu verkennen, daß die Arbeit mühsamer, also kostbarer und der Belag zugleich nicht dauerhaft ist, als wenn man denselben aus einfachen Bohlen der Stärke der beiden Lagen dargestellt hätte. Die Verwundbarkeit des Holzes im ersten Falle rührt davon her, daß der Zwischenraum nie vollständig gegen das Eintreten des Wassers geschützt werden kann, und die Fäulnisse hier wes-

so leicht als an den äussern Seiten beginnt, und sonach schneller als bei Verwendung stärkerer Bohlen den Belag durchdringt. Die Erfahrung zeigt sogar, dass die Fäulnisse an beiden sich berührenden oder innern Flächen stärker, als beiseite, erfolgt, und man bemerkt bei der Reparatur von Schleusenthoren häufig, dass solche doppelte Beläge von aussen und innen an beiden Seiten noch gesund zu sein scheinen, während während die Fäulnisse schon in hohem Grade eingetreten ist. Die sich überdeckenden Falze im einzelnen Belage geben in gleicher Weise eine neue Veranlassung zur Beförderung der Fäulnisse, und ausserdem trennen sich beim Ziehen und Reissen des Holzes die dünnen Stäbchen, welche den Falz in der nebenliegenden Dielensatzung ausfüllen sollten. Wenn demnach diese Methode schon aus den angeführten Gründen keine Empfehlung verdient; so verbleibt die Haupt-Veranlassung zu ihrer Einführung auch insofern von grosser Bedeutung, als man einen einfachen Belag, besonders wenn derselbe aus stärkern Bohlen besteht, leicht wasserdicht machen kann. Bei den Seeschiffen geschieht dieses jedesmal durch einen einfachen Belag, und gewiss ist es nicht in Abrede zu stellen, dass bei Thoren das Bedürfniss der möglichsten Wasserdichtigkeit viel grösser, als bei Schleusenthoren ist.

Die sämtlichen Dielen, sowohl des unteren, wie des obern Belages werden parallel zu der Strebe aufgebracht, damit sie in ihrer Wirksamkeit unterstützen, auch ist jede Diele des obern Belages mit einer Versatzung eingetrieben, um diesen Zweck vollständig zu erfüllen.

Die Dielen, welche den Belag bilden, bestehn aus Eichenholz und sind, wie erwähnt, an den Seiten mit halber Spundung verbunden. Die untern von  $1\frac{1}{4}$  bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll Stärke werden zwischen den Verbandstücken in Fugen eingelassen, und hierauf mit eisernen Nägeln an den Enden befestigt. Es bildet sich auf diese Weise eine Ebene, in welcher die sämtlichen vordern Flächen der obern Verbandstücke des Thores liegen, und vor dieser Fläche bilden die äussern Verbandstücke 1 Zoll vor. In Fig 302 a ist der erste Dielenbelag durch punktirte Linien angedeutet.

Der äussere Dielenbelag von 1 Zoll Stärke wird darauf in gleicher Richtung, aber so aufgebracht, dass die Fugen des untern überdeckt werden. Ausserdem fehlt dabei die Versatzung,

doch befindet sich in den äussern Verbandstücken wieder die Nothwendigkeit, um die Enden der Dielen gehörig befestigen zu können. Jede dieser Dielen wird zweimal auf jedes Verbandstück gesetzt, welches sie trifft. Der obere Belag ist, wie sich aus Vorstehendem ergibt, mit der Wende- und Schlagsäule und dem oberen und untern Rahm bündig.

Was bei der Zusammensetzung des Thores über das Bestreichen aller sich berührenden Holzflächen mit Theer gesagt ist, gilt auch für die Bekleidung, und man pflegt sogar zwischen beiden getheerten Dielenlagen noch Fliesspapier auszubreiten, um den Zwischenraum vollständiger auszufüllen und das Durchquellen des Wassers zu erschweren.

In einzelnen Fällen hat man bei Anwendung einer einfachen Bekleidung den Thoren dadurch eine grössere Dichtigkeit zu geben versucht, dass man in die Stossflächen der Bohlen, die weder mit ganzer, noch mit halber Spundung versehen waren, kleine Rinnen einhobelte, und in diese eiserne Federn trieb, die gleichzeitig immer in zwei Bohlen griffen und die Spundung vertraten. Bei der Briener Schleuse neben Clove ist dieses geschehen, so wie auch an den Schleusen des Main-Donau-Kanales. Auswärts scheint die Methode nicht ungewöhnlich zu sein, da man sie wohl nur mit Vortheil anwenden kann, wenn die Enden der Bohlen nicht in Falze eingelassen sind, vielmehr frei liegen, weil nur in diesem Falle die Federn nach der Befestigung der Bohlen, also schärfer schliessend, eingetrieben werden können.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich mit einem Schütz oder einer Schossthüre versehen ist, so wird diese vor dem untern Feld zwischen den beiden Mittelstielen angebracht. Dieses Feld erhält dann keine Bekleidung; es setzt sich aber der obere Dielenbelag bis zu dem Rande der Oeffnung fort. Die bereits erwähnte Verbreiterung des untern Rahms tritt in der Breite von 4 Zoll auf die Ebene der Bekleidung vor und zwar in solcher Länge, dass sie ausser dem mittleren Felde auch die beiden Stiele zur Schwelle desselben umfasst, wie Fig. 302 a und c zeigen. Sie bildet die Schwelle, worauf theils das geschlossene Schütz aufsteht, theils aber auch die Schossthürleisten (welche den Griesssäulen entsprechen) eingezapft sind. Letztere sind 4 Zoll hoch und auf der innern Seite mit einer 2 Zoll breiten und eben

Natbe verschn, worin das Schütz mit dem Rande der untern a-Lage eingreift. Diese Schossthürleisten liegen genau über Mittelstielen flach auf der Bekleidung des Thores und reichen zum obern Rahm herauf. Ausser der Verzapfung gegen die stelle werden sie noch mit allen Riegeln, dem Oberrahm und Strebe durch Schraubenbolzen, oder durch verniethete Bolzen funden. Man bemerkt leicht, dass dadurch zugleich die Bewegung und in gleichem Maasse auch die ganze Verbindung des Thores an Festigkeit gewinnt.

Was das Schütz oder die Schossthüre selbst betrifft, so ist die Construction mit der früher beschriebenen (§. 88) ganz übereinstimmend. Von den mechanischen Vorrichtungen zum Oeffnen des Schützes in Schleusenthoren wird später die Rede sein.

Nachdem die Bekleidung auf das Thor aufgebracht ist, pflegt man noch eine Verankerung der Riegel mit der Wende- und Längsle dadurch darzustellen, dass starke Schienen über die Bekleidung gelegt und mittelst Spitzbolzen an die benannten Verankerungstücke befestigt werden. Diese Schienen gehn aber nicht über die ganze Breite des Thores fort, weil sie die Bewegung des Schützes verhindern würden, reichen vielmehr nur bis gegen die Mittelstiele.

Zu dem Schleusenthore gehört endlich noch die Anbringung einer leichten Fussbrücke oder eines Trittbrettes. Gewöhnlich befindet sich das Trittbrett in der Höhe von etwa 1 Fuss über dem obern Rahm und wird von eisernen oder hölzernen Stützen getragen, auch ist es auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite mit einer leichten eisernen Handlehne versehen. Wenn seine Länge bedeutend grösser, als die des obern Rahms ist, muss es auch noch durch Quaggen unterstützt. Die erwähnte Verankerung kann indessen nicht füglich an der Seite des Oberwassers ansetzen, weil dadurch theils das scharfe Zurücklegen des Thores durch die Thornische verhindert werden würde, wenn nicht etwa entsprechende Einschnitte in der Mauer angebracht wären, theils weil die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen der Schütze an der Bekleidung des Thores stehn muss, und sonach auf jeder Seite die Stellung für die Handlehne, also die Begrenzung der Brücke gegeben ist. Man bringt demnach die Verbreiterung der Brücke gegeben ist. Man bringt demnach die Verbreiterung nachhin auf der stromabwärts gekehrten Seite an. Alsdann

verengen über diese Brücken die Oeffnungen in den Häuptern der Schleuse. Dieses ist ohne Nachtheil, wenn weder die Schiffe noch die Tackelage derselben, noch die Ladungen so hoch herreichen, dass sie gegen die Brücken treffen. Wenn Letzteres zuweilen geschieht, so pflegt man die Brücken so einzurichten, dass die vor den Thoren vorstehenden Theile derselben über die festen Theile übergeklappt werden können. Die beweglichen Brücken werden alsdann durch eiserne Knaggen getragen, welche sich um eine senkrechte Axe drehen. So oft daher die volle Breite der Oeffnung dargestellt werden muss, dreht man diese Knaggen zurück und lehnt sie an den obern Rahm.

Es ist hier nur von der Zusammensetzung der Schleusenthore die Rede gewesen, die Befestigung derselben, d. h. die Anbringung der Zapfen, Pfannen, Halsbänder u. dergl., sowie auch die mechanischen Vorrichtungen zum Oeffnen und Schliesssen werden später besonders behandelt werden.

Die in den Niederlanden übliche Zusammensetzung der Schleusenthore weicht in mancher Beziehung von der eben beschriebenen wesentlich ab, und ist jedenfalls einfacher, zum Theil auch zweckmässiger. Fig. 303 auf Taf. LXVI a, b und c zeigen ein solches Thor \*), nämlich a in der Ansicht vom Unterwasser, b vom Oberwasser, und c in einem durch die Schütz-Oeffnung gelegten horizontalen Durchschnitte.

Das Thor bildet in der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Ebene, welche theils durch die äussern Verbandstücke, theils durch die Bekleidung, zum Theil aber auch durch die Stütze dargestellt wird. Die Wende- und Schlagsäule zeigen nicht Eigenthümliches, denn dass erstere oben und unten mit eckigem Halse versehen ist, bezieht sich mehr auf die Art der Befestigung, als der Construction des Thores. Die Stärke der Schlagsäule (senkrecht auf die Ebene des Thores gemessen) ist aber um einige Zoll geringer, als die der Wendesäule, und eben so sind die beiden Rahme und die sämtlichen Riegel nicht in ihrer ganzen Länge gleich stark, vielmehr verjüngt sich jeder einzel-

---

\*) Die Zeichnung und grossentheils auch die nachstehende Beschreibung sind entnommen aus *Baud's Cours of de Waterbouwkunde II. Deel.* pag. 228 ff.



oben von oben gesehen an der der Schlagsäule zugekehrten Seite, wie Fig. c zeigt. Diese Anordnung ist gewiss sehr zweckmäßig, indem dabei aus demselben Stamme ein bedeutend stärkerer Riegel ausgeschnitten werden kann, als wenn man dem Verbandstücke parallele Seitenflächen giebt. Ein zweiter Grund, weshalb diese Anordnung gewählt wird, liegt auch darin, dass hierdurch den Schwerpunkt aus der Mitte des Thores etwas entfernt, und denselben der Wendesäule oder der Drehungsachse näher, und dadurch die Gefahr des Sackens mässigt.

Die Riegel treten an der Seite nach dem Oberwasser um die Dicke der Bekleidung, d. h. um 2 bis 3 Zoll gegen die äusseren Verbandstücke zurück. An der andern Seite sind sie mit der Wende- und Schlagsäule und beiden Rahmen bündig.

Die erwähnten Verbandstücke sind sämmtlich durch einfache, die Wende- und Schlagsäule weit eingreifende Zapfen verbunden, wie die punktirten Linien in Fig. a zeigen. Diese Zapfen sind aber an den Enden der beiden Säulen ausgeschnitten, um die Köpfe nicht zu sehr zu schwächen. Ausserdem befinden sich an beiden Rahmen Versatzungen nach oben und unten gekehrt, die die Riegel greifen einen Zoll weit in die Säulen ein. Wegen des Falzes in den Säulen behufs Befestigung der Bekleidung greifen endlich die Riegel, sowie auch die beiden Rahmen an der dem Oberwasser zugekehrten Seite etwas tiefer ein, als an der dem Unterwasser zugekehrten Seite.

Mittelstiele von der ganzen Höhe des Thores kommen nicht vor, nur an den Seiten der Schützöffnung sind zwei schwache Stiele zwischen die nächsten Riegel eingesetzt.

Die Strebe, welche am obern Rahm und der Wendesäule durch einen flachen Zapfen in Form einer Versatzung befestigt ist, hat nur die Stärke von 5 bis 6 Zoll, und da sie selbst einen Theil der Bekleidung des Thores bildet, so steht sie vor der Bekleidung, und zwar an der dem Unterwasser zugekehrten Seite nur 1 Zoll vor. Bei jeder Durchkreuzung ist der Riegel  $1\frac{1}{2}$  Zoll, eben so tief die Strebe eingeschnitten. Ausserdem ist aber an jedem Riegel, wie die punktirten Linien in Fig. a zeigen, eine Aussparung gebildet, wodurch die Strebe jeden einzelnen Riegel stützt.

Alle Verbindungen werden durch Bestreichen mit Theer dichtet, und die aus Eichenholz bestehenden Nägel, welche durch die Zapfen treibt, werden gleichfalls vorher in heissem Theer getaucht.

Die Beschläge bestehen aus vier Bügeln, von denen einer um die Wendesäule und einer um die Schlagsäule gelegt sind. Sie sind sämmtlich in das Holz eingelassen. Dasselbe ist im Fall mit den einfachen und doppelten Winkelbändern. Die letzteren treffen den mittleren Riegel. Zur Befestigung dieser Beschläge dienen eiserne Bolzen, welche jedesmal auf beiden Seiten der Thores die Schienen treffen, und entweder durch Schraubenmutter oder durch aufgeschlagene Köpfe befestigt sind. Es muss hierin erwähnt werden, dass der mittlere Bugel und eben so auch die doppelten Winkelbänder, welche die Riegel treffen, auf der Bekleidung liegen, und daher erst eingesetzt werden können, nachdem letztere aufgebracht ist.

Die Bekleidung, welche nach Massgabe des Wasserdruckes aus 2 bis 3zölligen eichenen Bohlen besteht, ist jederzeit nur einfach. Die Bohlen sind mit keiner Spundung versehen, und werden parallel zur Strebe über die Riegel und an den Enden in Falz der äussern Verbandstücke genagelt. Diese Falze sind eben so breit, als tief. Die Dichtung der Bohlen geschieht in gleicher Weise, wie in den Schleusenböden, nämlich durch Kalfatern (§ 10).

Die Schützöffnung wird, wenn es möglich ist, nicht ganz unten, sondern nur so tief angebracht, dass sie unter dem Unterwasser liegt. Die Schossthürleisten reichen nur bis zum nächsten Riegel herauf, und sind durch Zapfen und Versatz mit einer Schwelle verbunden, die eben so, wie die Leisten, nachdem die Bekleidung aufgebracht ist, mit starken Spitzholzen an die Riegel und die kurzen Mittelstiele genagelt werden.

Die Thore in den Französischen Kanalschleusen weichen von den eben beschriebenen wenig ab. Sie haben gleichfalls keine durchgehenden Mittelstiele; die Streben treten daher hier auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite bis zur Ausserfläche des Bohlenbelages vor, bilden also einen Theil desselben und haben nur mässige Stärke, so dass die Riegel in den Krümmungen wenig geschwächt werden. Der Bohlenbelag ist einfach.

hohlen liegen stumpf an einander und sind zur Strebe gerichtet.

Man pflegt auch die Streben dadurch zu verstärken, auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite zwischen Riegel noch kurze Verbundstücke einsetzt und dieselben Streben verbindet. Hierbei werden die Riegel nur in schwächt, als jede kurze Strebe, wenn sie ihren Zweck voll, mit einer Versatzung an beiden Seiten in die Riegel zu werden muss. Diese zweite Verstrebung würde in der in geringem Masse das Thor stützen, wenn man sich gesorgt hätte, ihre Spannung später noch zu verstärken, bei der unvermeidlichen Compression der Riegel nach schwächer geworden ist. Dieses geschieht dadurch, die erwähnten kurzen Streben an den Enden nicht rechtwinklig, sondern etwas keilförmig zuschneidet und in gleicher Weise die Einschnitte in den Riegeln bearbeitet. Sobald die Festigkeit des Thores etwas nachlässt, oder dasselbe zu sacken braucht man nur die beiden Bolzen, welche jeden Theil der Verstrebung mit der vordern Strebe verbinden, schärfer

Erstere dringt alsdann, wie ein Keil, tiefer zwischen die Riegel ein, und so stellt sich die stärkere Spannung leicht her. Fig. 304 zeigt diese Anordnung. In der Seitenansicht des Thores *a* sieht man die zwischen die Riegel eingesetzten Streben, im horizontalen Durchschnitte *b* ist die Verstrebung mit der durchgehenden Strebe dargestellt, und im Durchschnitte *c*, nach der Mittellinie der Strebe, ergiebt sich die keilförmige Schmiege der kurzen Streben. Selbst die durchgehende Strebe ist in den Einschnitten, womit sie die Riegel durchdringt, etwas schräge geformt, damit sie um so schärfer aufgedrückt werden kann. Es ist kaum nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass die beiderseitigen Streben sich nicht unmittelbar berühren dürfen, vielmehr anfangs noch ein freier Zwischenraum zwischen denselben bleiben muss, damit sie, sobald es nöthig ist, mehr genähert werden können.

Um das Sacken der Thore zu verhindern, pflegen die Franzosen fast jedesmal noch eiserne Zugbänder anzuwenden. Letztere verbinden den untern Rahmen des Thores mit dem äussern Ende mit dem Kopfe der Wendestütze, und

gemeinhin sind dabei noch besondere Vorkehrungen getroffen, wodurch sie verkürzt werden können. Die verschiedenen Anordnungen, welche das Sacken der Thore verhindern, sollen später, wenn von der Befestigung der Thore die Rede ist, specieller beschrieben werden; hier musste die Verstrebung schon behandelt werden, weil sie die Zusammensetzung der Thore wesentlich bedingt.

Die Beschläge der Französischen Thore verdienen eine besondere Erwähnung, und dieses um so mehr, als die Eisenarbeiten in Frankreich meist mit grosser Ueberlegung angeordnet und sehr sorgfältig ausgeführt werden. Bei manchen Thoren findet man keine andern Beschläge, als Bügel, die sowohl um die Wendesäule, als die Schlagsäule gelegt sind, und den obern und untern Rahm, ausserdem aber noch jeden zweiten oder dritten Riegel umfassen. Die Bügel der Wendesäule und der Schlagsäule treffen aber jedesmal denselben Riegel, der also diese Säulen mit einander verankert. Die Bügel werden in das Holz eingelassen, und zwar nicht nur in die Säulen und Rahme oder Riegel, sondern auch in die Bohlenbekleidung. Letztere muss daher schon früher aufgebracht sein. Zur Befestigung der Bügel dienen gemeinhin Schraubenbolzen, die aber nur durch die Rahme oder Riegel gezogen sind, weil ein Bolzen, der durch die Säule selbst ginge, zur Verbindung nichts beitragen, vielmehr nur die Säulen schwächen und ausserdem noch insofern nachtheilig wirken würde, als er das feste Anlegen des Bügels an die Säule verhinderte.

Die Bolzen versteht man häufig mit versenkten oder pyramidalen Köpfen, so dass dieselben ganz in die Schienen eingelassen werden, und das Thor sonach an der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Ebene bildet, die durch keinen vorspringenden Bolzenkopf unterbrochen ist. Man kann indessen hier noch weiter gehn, wie auch zuweilen geschieht, und das Vortreten der Bolzen und Schraubenmuttern auch an der dem Unterwasser zugekehrten Seite vermeiden, wenn man die sämtlichen Bolzenlöcher in den Bügeln oder Schienen stark konisch ausfeilt, oder beim Verniethen auch an dieser Seite versenkte Köpfe darstellt. Diese Vorsicht ist gewiss sehr zweckmässig, da der vor dem Holze vorspringende Bolzen oder Bolzenkopf, sobald das Thor geöffnet ist, leicht das durchgehende Schiff treffen und dasselbe beschädigen kann.

te durchgezogenen Bolzen ziehen gemeinlich den Bügel nicht genug an. Bei sorgfältiger Arbeit pflegt man freilich das Holz nicht genau in der Mitte des Loches der Schiene anzuheften, es vielmehr etwas fortzurücken, damit der Bolzen, sobald er eingetrieben wird, schon die Schiene oder den Bügel anspannt. Es läßt sich indessen auf diesem Wege keine bedeutende Spannung darstellen, und noch weniger ist man im Stande, sie wieder hervorzubringen, wenn der Bolzen nach und nach das Holz, wogegen er lehnt, sich hineindrückt, und sonach der Bügel los wird. Bei den Französischen Schleusenthoren wird dieser Uebelstande zuweilen durch Anbringung zweier Keile bewirkt, da die Vorrichtung aber etwas complicirt ist und in der Ausführung Aufmerksamkeit erfordert, so begnügt man sich damit, nur dem wichtigsten Bügel, nämlich demjenigen, der das obere Thor mit der Wendesäule verbindet, einzuführen.

Fig. 305 zeigt diese Anordnung, *a* in der Ansicht von der Seite und *b* im horizontalen Durchschnitt durch die Mitte des Thores.

Der Bügel ist an beiden Enden, wo der Zug angebracht ist, mit langen viereckigen Oeffnungen versehen. Eine Oeffnung nach dem Querschnitt befindet sich in dem Rahm, doch trifft sie nicht genau mit jenen ersteren zusammen, ist vielmehr, wenn der Bügel aufliegt, etwa um einen halben Zoll weiter von der Wendesäule entfernt. Man schiebt zunächst zwei mit umgehenden Rändern versehene Eisenstäbe ein, von denen der eine sich an die Wand des Loches anlehnt, und der andre sich an beide Schienen lehnt. Hierauf schlägt man in entgegengesetzter Richtung zwei eiserne Treibkeile in diese Stäbe geschlagen und dadurch die scharfe Spannkraft des Bügels bewirkt. Auch wenn später der erste Eisenstab tiefer in das Holz eindringen sollte, kann man durch Nachschieben der Keile die Spannung wieder herstellen. Damit der Bügel aber nicht vielleicht öfne, ist es vortheilhaft, dahinter einen Schraubenbolzen durchzuziehen, der aber in einem Bohrloche liegen muss, damit er das Anziehen des Bügels nicht hindert.

In vielen Französischen Schleusenthoren kommt nur ein solcher Bolzen nämlich oben an der Wendesäule vor, und oft fehlt auch dieser, indem der Beschlag nur aus Winkelbändern und



Schienen besteht. Die Winkelbänder sind indessen von den oben beschriebenen gemeinhin darin verschieden, dass sie von der Wendesäule oder von der Schlagsäule mit zwei Armen auf zwei zunächst liegende Riegel oder einen Rahm und den nächsten Riegel reichen. Es kommen auch nicht selten dergleichen Bänder mit drei Armen vor, die einen Rahm mit beiden nächsten Riegeln oder drei Riegel verbinden. Wie diese Bänder auch gestaltet sein mögen, so liegen sich jedesmal zwei gleichgeformte auf beiden Seitenflächen des Thores gegenüber, die mit einander durch Bolzen verbunden sind, und ausserdem entsprechen die an der Wendesäule angebrachten auch denen an der Schlagsäule. Die Riegel sind also jedesmal entweder an beiden Enden mit den Säulen verbunden, oder die Eisenverbindung fehlt ihnen ganz.

Endlich besteht der Thorbeschlag zuweilen auch in einfachen Schienen, die über einen Riegel fort von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, und an beide letztere besonders sorgfältig gebolt sind. Sie verbinden diese also unmittelbar mit einander.

Die Thore der Schleusen in den Französischen Schiffshäfen waren in früherer Zeit in ähnlicher Weise, wie die oben beschriebenen construiert, gegenwärtig werden sie mehr nach Art der Englischen erbaut. Eine besondere Erwähnung verdient die beim Kriegshafen in Cherbourg gewählte Anordnung der Thore. Dieselben bilden an der dem Oberwasser zugekehrten Seite, wie Fig. 306 zeigt, cylindrische Flächen, die Riegel sind aber in der Mitte viel stärker, so dass sie an der innern Seite wieder durch Ebenen begrenzt werden. In der erwähnten Verstärkung, die sich aus einem einzelnen Holzstücke nicht darstellen liess, ist aus je zwei Stücken jedesmal ein verzahnter Balken gebildet. Bei der grossen Weite der Thore und dem sehr bedeutenden Wasserdrucke, dem sie zuweilen widerstehen müssen, erscheint diese Vorsicht ganz gerechtfertigt. Die lichte Oeffnung der Schleusen in den Häuptern beträgt 55 Fuss Rheinländisch und jedes Thor ist nahe 32 Fuss oder 10 Meter lang. Der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe zur Zeit der Springfluthen beträgt 18 Fuss, es erreicht nicht selten die Höhe von 22 Fuss. Um diesem Druck gehörigen Widerstand leisten zu können, sind die Thore noch dadurch verstärkt, dass in dem untern Theile derselben, nämlich

18 Fass hoch, viertels solche Regel unmittelbar auf einander liegen, wie dieses auch bei den Englischen Schleusen vorkommt. Dabei konnten natürlich nicht alle Riegel an der Brüstung in die Schlag- und Wendesäule eingelegt werden. Dieses ist vielmehr nur bei jedem ersten Riegel geschehen. Die einfachen Zapfen der zwischenliegenden Riegel sind aber so gestellt, dass die Säulen nicht in dasselbe Feuer zu sein zu scheinen. Die ganze Höhe des Thores beträgt 35 Fass.

Die Englischen Schleusenbauer unterscheiden sich wesentlich von den bisher beschriebenen dadurch, dass sie sehr wenige Ausnahmen, wie etwa an den Schleusen des Kanals von London, jede Verstärkung ihnen fehlt. Ihre Construction unterscheidet sich dadurch ausserordentlich. Sie besteht in der Hauptzusammensetzung nur aus den Wende- und Schlag-Riegeln und den Bohlern, denn selbst die Ober- und Unterthüre sind in ganz derselben Weise wie die andern Riegel behandelt. Die Bekleidung ist nicht eingelassen, sondern überdeckt sie vollständig, wie die andern Riegel. Hiermit hängt noch die Eigenschaft zusammen, dass selbst die Bekleidungs-Bohlen keine Verstärkung bilden, vielmehr sehr leicht angesetzt sind. Die Bekleidung ist aber jedesmal nur einfach, wenn nicht mehrere der Zwischenräume zwischen den Riegeln wasserdicht zu verthun sind, und sowohl auch auf der dem Unterwasser zugewandten Seite eine Bekleidung angebracht ist.

Indem bei dieser Zusammensetzung der Thore alle Verstärkungsstücke und selbst die Bohlen unter rechtem Winkel verlaufen sind, so kann eine Formveränderung darin leicht eintreten, und dem Sacken des Thores ist durch dessen Construction gar nicht vorgebeugt. Um das Sacken zu verhindern, wodurch die Bewegung erschwert und bald gänzlich unmöglich werden würde, sind jedesmal besondere Vorkehrungen dagegen getroffen. Bei kleineren Kanalschleusen besteht diese in der Anbringung des Drehbaumes: der obere Riegel oder der obere Rahmen wird nämlich über die Wendesäule fort, und dient nicht nur zum Öffnen und Schliessen des Thores, sondern bildet auch entweder so sich oder mittelst aufgeparkter Steine u. dergl. das Gegengewicht, so dass er die Schlagsäule und mittelst derselben auch die Riegel trägt.

Auf Taf. LIX sind mehrere Schleusenthore dieser Art gestellt. Fig. 262 *c* zeigt die Thore der bereits erwähnten Schleuse auf dem Ellesmere-Chester-Canal. Diese Thore bestehen aus Hauptverbindungen aus Gusseisen, und nur die Drehbäume aus Holzstücke, die am hintern Ende besonders stark gehalten sind, um das Gegengewicht zu bilden. Fig. 264 *a* ist ein Oberthor und *b* ein Unterthor einer Schleuse des Ellesmere-Canals. Letzteres ist einfach, d. h. ein Thor schliesst die Oeffnung, während das erstere ein gewöhnliches Stemmthor. Der kürzere Arm des Drehbaumes greift mittelst Zapfen und Versatzung in die Schließung und ist jedesmal durch einen Bügel oder durch gegenüberliegende Winkelbänder damit verbunden.

Dieselbe Anordnung ist auf Taf. LXVII in den Zeichnungen der Schleusenthore des Birmingham-Liverpool-Canals Fig. 312 *a* und *b* und Rochdale-Canals Fig. 312 *a* und *b* dargestellt. Diese Anordnung wiederholt sich beinahe bei allen Englischen Kanalschleusen mässiger Weite, wenn nicht etwa besondere Umstände, wie die Anbringung der Drehbäume verbieten. Auch die Nordamerikanischen Schleusenthore sind in gleicher Weise constructed. Fig. 265 *b* und *c* auf Taf. LX zeigt die Thore einer Schleuse auf dem James-River und Kanawha-Canale.

Zu bemerken ist noch, dass die Schützöffnungen dieser Thore, um das Füllen und Leeren der Kammern zu beschleunigen, häufig von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, oder das ganze Feld zwischen den untern Riegeln durch das Schütz geschlossen wird. In diesem Falle fehlen demnach die Mittelschützen ganz. Wenn letztere aber auch angebracht werden, indem ein Theil jenes Feldes zur Schützöffnung benutzt wird, so sind sie nur von einem Riegel bis zum andern, und bestehen aus schwachen Holzstücken, die nur zur Befestigung der Leisten, worin die Schütze sich bewegen. Der Beschlag dieser Schützen ist verschieden, doch werden dabei weniger die Bügel, sondern Winkelbänder benutzt, und letztere sind am häufigsten an den parallelen Armen versehen, so dass sie je zwei Riegel der Säule verbinden.

Bei grössern Schleusenthoren, die zum Durchlassen von Sesschiffen dienen, verbietet sich die Anwendung der Schütze, indem ein solcher in diesem Falle eine zu grosse

man müsste, auch der Gefahr des Brechens augenscheinlich ausgesetzt wäre, wenn er das Gegengewicht darstellen, oder zum Nutzen des Thores benutzt werden sollte. Das Sacken des Thores wird dann fast jedesmal dadurch verhindert, dass man unter dem Riegel ein Rad oder eine Rolle anbringt, die auf der im Thorkammerboden befestigten Schiene ruht. Das Thor wird also von diesem Rade getragen, und bei der Drehung desselben rollt letzteres auf der Schiene fort, während es in jeder Stellung die erforderliche Unterstützung gewährt. Von der Anwendung dieser Rollen soll später (§. 107) ausführlich die Rede sein.

Die Thore der Englischen Hafenschleusen zeigen noch eine Eigenthümlichkeit, indem ihre vordere Fläche keine Ebene ist, sondern flach cylindrisch ist. Die Thore haben demnach, wenn sie geschlossen sind, im Grundrisse die Form eines Segmentes (Fig. 309). Der Zweck dieser Anordnung ist kein anderer, als dass man das Einbiegen und Brechen der Riegel vermeiden will, eben so wie man bei etwas weit gespannten Brücken schwach gekrümmte oder gesprengte Balken anwendet, die so gelegt werden, dass die convexe Fläche dem Drucke zugekehrt ist.

Das Maass dieser Krümmung oder das Verhältniss der Pfeilhöhe zur Sehne ist in den Englischen Dockschleusen sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die Gefahr des Bruches um so grösser, je breiter das Thor ist, woher man dieses Verhältniss so mehr wachsen lässt, je grösser die lichte Weite der Schleuse ist.

Man pflegt indessen die Spitze des Drempels gewöhnlich etwas vorzurücken, dass die Tangenten, die an die Krümmung der Thore neben den Schlagsäulen gezogen werden, mit der Meusenaxe einen Winkel von etwa 70 Graden bilden. Hierin stimmen die nachstehend benannten Schleusen ziemlich nahe mit einander überein, wiewohl die Winkel, welche die Sehnen der beiden Thorschwellen einschliessen, und die Krümmungen der Thore verschieden sind. Barlow \*) hat diesen Gegenstand näher untersucht, und wenn seine Ansicht in Betreff des Druckes, den die Thore auf einander ausüben, auch nicht richtig ist, und die Resultate, zu denen er gelangt, zweifelhaft bleiben, so

\*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. 37 ff.*



ist ihm wohl darin unbedingt beizustimmen, dass, wenn man den Bogen-Princip einführen will, die grösste Widerstandsfähigkeit mit der scharfen Kante in der Berührungslinie beider Thore vereinbar ist, vielmehr beide cylindrische Flächen in eine zusammenfallen müssten. Der Spitzbogen in der Architectur findet seine staltische Begründung darin, dass die Belastung der Spitze viel grösser, als die der Schenkel ist, insofern die schichtweise darüber geführte Mauer vorzugsweise von der höchsten Stelle des Bogens getragen wird, mag letzterer abgerundet, oder mit einer Spitze versehen sein. Bei den Schleusenthoren findet ein ähnliches Verhältniss nicht statt, und es ist daher auch kein Grund vorhanden, den Bogen durch eine scharfe Kante zu unterbrechen. Barlow meint freilich, dass die Unterbrechung der Holzverbindung auch die Unterbrechung der Form begründe. Es scheint indess, dass man die scharfe Kante vorzugsweise deshalb gewählt hat, damit bei eintretender Compression und Formveränderung der Riegel nicht etwa einspringende Kanten entstehen, oder die Enden der Riegel sich rückwärts durchbiegen. Es muss indess darauf aufmerksam gemacht werden, dass man in einzelnen Fällen, namentlich gusseiserne Thore (wovon auch im Folgenden die Rede sein wird) so geformt hat, dass sie sich zu einer stätigen cylindrischen Fläche ergänzen.

Barlow bezeichnet für verschiedene Dockschleusen die Krümmungen der Thore. Dieselben bilden jedesmal ein gleichseitiges Dreieck, in dem jedoch die gleichen Seiten nicht gerade Linien, sondern Kreishbogen sind. Daraus ergeben sich folgende Verhältnisse:

- a) der Höhe des durch den Drempe! gebildeten gleichseitigen Dreiecks zur Basis desselben, und
- b) der Pfeilhöhe zur Sehne der einzelnen gekrümmten Thore.

	Verhältnisse	
	a	b
in den London Docks . . . . .	1:3,1	1:1,1
im Caledonischen Canale . . . . .	1:4	1:2
in den Docks von Dundee . . . . .	1:5,3	1:4
in den Westindischen Docks . . . . .	1:4,6	1:3
in St. Katherines Docks . . . . .	1:4,1	1:3
in den Docks zu Sheerness . . . . .	1:3,5	1:1,1



Auf Taf. LXVII sind zwei verschiedene grössere hölzerne k-Thore dargestellt. Fig. 309 zeigt ein Thor des Junction-  
k zu Hull und Fig. 310 eines des Prince's Dock zu Liver-  
l. Letzteres ist schon im Anfange dieses Jahrhunderts gebaut:  
ist hier vorzugsweise wegen der eigenthümlichen Einrichtung  
n Oeffnen der Schütze mitgetheilt worden, wovon später die  
de sein wird. Das erst erwähnte Thor, ist Fig. 310a in der  
sicht vom Unterwasser, b vom Oberwasser, d im vertikalen  
Querschnitt und c in der Ansicht von oben, und zwar theils mit  
b Brücke, theils ohne dieselbe dargestellt. Man bemerkt hier-  
n zunächst, dass die untern Riegel einander näher liegen, als  
b oberen. Sie sind in die Schlag- und Wendesäule verzapft  
b mit Winkelbändern, die auf beiden Seiten übereinstimmend  
bgebracht sind, damit verbunden. Bei vielen ähnlichen Thoren  
b man den Eisenbeschlag dadurch verstärkt, dass längs jeder  
bale eine starke und breite Schiene von oben bis unten reicht,  
b soviel Arme, als Riegel vorhanden, daran angeschweisst sind.

In Betreff der Riegel muss noch erwähnt werden, dass  
selben, sobald es auf möglichste Verstärkung der Thore an-  
kommt, unmittelbar auf einander liegen, und mit Schraubenbolzen  
bunden sind. Dieses musste z. B. an den Thoren der Schleuse  
r dem Humber-Dock in Hull geschehn, woselbst mehrere Rie-  
b bei der ersten Einrichtung der Thore gebrochen waren. Bis  
r Höhe von 10 Fuss legte man dicht schliessend einen Riegel  
f den andern und verband sie durch starke Schraubenbolzen.

Dieselbe Anordnung ist auch in den Thoren des St. Kath-  
re-Docks in London gewählt, woselbst sechs Riegel unmittelbar  
f einander liegen. Diese schliessen sich indessen nicht dem  
tern Rahm an, vielmehr befinden sich je zwei Schützöffnungen  
zwischen.

Insofern aber beim Durchgehn der Schiffe, oder wenn die  
bütze geöffnet werden, ein hoher Wasserstand auf beiden Seiten  
r Thore statt findet, so ist es nicht nothwendig, die Schütz-  
fnungen möglichst tief anzubringen, man kann also, wie auch  
weilen geschieht, den untern Theil des Thores dadurch verstär-  
t, dass man die Riegel unmittelbar auf den untern Rahm legt,  
f weiter aufwärts die Schützöffnungen bildet.

Die Bohlen, welche man nach Fig. 309 a auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Schleusenthores bemerkt, haben nur den Zweck, die Riegel und selbst die Bohlenbekleidung des Thores zu schützen, falls die Schiffe darauf stossen sollten. Sie dienen zugleich zum Einsetzen der Schiffshaken, die sonst in den Haupttheile der Thore gestossen werden müssten.

Bei der Kostbarkeit des starken Holzes, das zu grossen Schleusenthoren erforderlich ist, hat man verschiedentlich die Riegel aus schwächeren Stücken zusammengesetzt. Ein Beispiel hiervon bieten schon die Thore der London-Dock-Schleuse. Jedes Thor ist 31 Fuss Engl. hoch und 25 Fuss breit. Die Schlag- und Wendesäulen sind aus Gusseisen dargestellt. Der untere Riegel oder der Schwellrahmen besteht aus einem massigen nach der Form der Schlagschwelle gekrümmten Balken von 15 Zoll im Gevierten. Die sämtlichen übrigen Riegel sind aus 50 Zoll hohen Bohlen zusammengesetzt, von denen in den beiden unteren Riegeln je sechs, in den sieben oberen (mit Einschluss des obersten Rahms) je drei über einander liegen. Die Bohlen reichen nicht über die ganze Länge des Thores von der Wende- zur Schlagssäule, sind vielmehr in jedem Riegel abwechselnd zwei- oder einmal gestossen. Sie stossen in den Fugen stumpf zusammen, und die Lagen sind theils durch eingelegte hölzerne Dübel von 1½ Zoll Höhe, theils auch durch hölzerne Nägel, deren jedes vier an jedem Stosse angebracht sind, mit einander verbunden. Zu demselben Zwecke dienen endlich noch in den unteren Riegeln sechs, in den oberen Riegeln vier Schraubenbolzen\*).

Ferner sind die Thore des Docks in Grangemouth, das neuerer Zeit durch Thomson erbaut ist, zu erwähnen\*\*). Die Weite der Oeffnung, die sie schliessen, misst 55 Fuss Engl. Sie bestehn ganz aus Eichenholz, und zwar sind die Riegel in ähnlicher Weise, wie die der Schleuse bei Cherbourg Fig. 309, nur an der dem Oberwasser zugekehrten Seite cylindrisch gefornet, nach dem Unterwasser dagegen eben, so dass die Schlagbohlen in der Ansicht von oben durch gerade Linien begrenzt werden.

\*) *Public Works of Great Britain*. London 1838. *Survey of the Port of London*.

\*\*) *The Civil Engineer and Architect's Journal*, 1844. pag. 10.

Die Riegel bestehen an der Seite, wo sie geschnitten sind, aus runden, mässig starken Balken, die horizontaler liegen. Unter der Bekleidung ist dagegen in anderer Art, wie in dem eben beschriebenen Thore des London-Docks, aus runden eichenen Bohlen gebildet, deren Ränder gegeneinander so, dass sie unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. In diesen Thoren kommt noch die Eigenthümlichkeit vor, dass sie an beiden Seiten wasserdicht bekleidet sind. Die Räume, die auf diese Weise zwischen den Riegeln entstehen, kann man leicht mit Wasser anfüllen und leer pumpen, und dadurch die Thore verriegeln, dass sie bei allen Wasserständen sich selbst schliessen.

Unter allen bisher ausgeführten hölzerne Schliessungen scheinen sich die des Coburg-Docks in Liverpool auszuzeichnen durch ihre Dimensionen, als auch durch manche Eigentümlichkeiten der Construction aus. Das Coburg-Dock, zur Aufnahme der Atlantischen Dampfschiffe bestimmt, hat in der Breite eine freie Weite von 70 Fuss 1 Zoll Englisch, oder 68 Fuss 1 Zoll Rheinländisch. In der folgenden Beschreibung soll die alte Mass zum Grunde gelegt werden, welches auch in der Beschreibung dieses Thores Taf. LXIX Fig. 332 geschildert ist. Das Thor ist mit Einschluss der Wendestiele nahe 35 Fuss breit und 11 Fuss hoch. Die Höhe desselben vom Unterrahmen bis zum Overtaken beträgt 11 Fuss. Die Spitze des Dremfels springt vor die Verbindung der Axen beider Thore 11 Fuss 2 Zoll vor. An der dem Wasser zugekehrten Seite beträgt die Pfeilhöhe der cylindrischen Fläche jedes Thores 2 Fuss 2 Zoll, wobei die Fläche jeder Thore nahe in eine cylindrische Fläche zusammenfällt. Die Schlagschwellen sind weit weniger gekrümmt, indem der obere Rahmen aus einem besonders schweren Stämme gearbeitet ist, der in der Mitte eine viel grössere Breite als an den Enden hat: die Pfeilhöhe der einzelnen Schlagschwelle misst nur 10 Zoll. Fig. 332 b und zum Theil auch Fig. 333 b zeigt diesen Vortritt des oberen Rahmens.

Abgesehen von den übermässigen Dimensionen der verwendeten Hölzer besteht zunächst eine Eigenthümlichkeit der Construction darin, dass man nicht nur unten drei Riegel unmittelbar übereinander gelegt, sondern auch weiter aufwärts immer je zwei derselben mit einander verbunden hat. Die Riegel sind an der Wen-

des Säule 2 Fuss breit; die Breite nimmt aber nach und nach und misst an der Schlagsäule nur noch 1 Fuss 3 Zoll. Die obern Riegel sind 1 Fuss hoch, die weiter abwärts liegen haben dagegen mit der zunehmenden Tiefe auch grössere Höhen erhalten, die untersten sind nahe 19 Zoll hoch. Die Höhe des letzten Riegels oder des untern Rahms beträgt aber 2 Fuss 3 Zoll.

Die untern Riegel sind, wie sich aus der Ansicht des Thores Fig. 332 a ergibt, noch auf eine eigenthümliche Weise, nämlich durch eingelegte eiserne Schienen verstärkt. In das Riegelpaar, welches unmittelbar auf dem untern Rahm liegt, so wie in das nächstfolgende ist jedesmal eine gewalzte mit umgebogenen Rändern versehene starke Schiene eingelegt, dieselbe ist so gekrümmt, als das Thor, woher sie in der Mitte des Thores dem Oberwasser zugekehrte äussere Fläche desselben berührt, wie in der Figur sichtbar ist, an den Seiten dagegen stützt sie sich gegen die Mitte der Schlag- und Wendesäule. Sie berührt denselben in der letztern nicht unmittelbar, vielmehr liegt jedesmal zwischen noch eine starke Eisenplatte, die als Schuh dient.

Die Riegel sind nur durch gewöhnliche Zapfen mit der Schlag- und Wendesäule verbunden. Um den gehörigen Abstand der Riegel von einander zu sichern, sind in jedes Feld fünf Stützen gestellt, von denen die mittleren in Fig. a durch die punktirten Linien angedeutet, nichts andres, als kleine Mittelstiele sind. Die äusseren lehnen sich unmittelbar an die Schlag- und Wendesäule an.

Endlich sind die Riegel durch drei Paare Zungen mit einander verbunden. Diese sind, um die Riegel nicht zu schwächen, nur zwischen denselben, also wo sie auf den erwähnten Mittelstielen aufliegen, mit einander verbolzt. In den beiden Riegelpaaren greifen diese Bolzen auch durch die erwähnten eiserne Schienen hindurch. Die drei Zangen an der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thores stehen auf dem vorspringenden untern Rahm auf, und sind darin verzapft. Sie greifen denselben nicht hinüber, und verhindern daher nicht den undichten Anschluss gegen die Schlagschwelle. An der andern Seite reichen die Zangen, wie die Figur a zeigt, bis zur Unterseite des untern Rahms herab.

Der Eisenbeschlag ist der in England übliche. Man bemerkt, dass derselbe mit dem schräge herabgehenden Zugbände ver-



welches bei den Schleusen in Liverpool gewöhnlich an-  
 wird. Die Art der Befestigung der Fulsebrücke ergiebt  
 Fig. 333 b und c. Besonders wichtig ist bei diesen  
 auch die Anbringung der Rollen, wovon später die Rede

Schützenöffnungen kommen hier nicht vor, dagegen  
 viele Umläufe, die gleichfalls später beschrieben werden

esslich muss noch von denjenigen Schleusenthoren die  
 welche sich um horizontale Axen drehen. Diesel-  
 in den Schleusen der Amerikanischen Kanäle und zwar  
 Oberhäuptern, sehr häufig angebracht, die Figuren 341  
 auf Taf. LXX zeigen ein solches Thor in seiner Auf-  
 und Zusammensetzung. Die Thornsichen sind in ähnlicher  
 für Stenmthore angebracht, doch fehlt darin die Wende-  
 platze befindet sich vielmehr über dem Schleusenboden und  
 am starken Balken, der mit Schraubenbolzen befestigt ist,  
 dien. Das Thor legt sich, wenn die Oeffnung frei werden  
 das Oberwasser flach nieder, doch berührt es nicht den  
 ist vielmehr auf einer davor angebrachten hölzernen Wand  
 der Höhe. Die Höhenlage der Wendensiche und der  
 den niedergeschlagenen Thores wird auf gleiche Art,  
 indem Schleusen die der Schlagschwellen bestimmt. In-  
 Thor aus Holz besteht, würde es nicht unter Wasser  
 selbst sich selbst aufrichten, und den Durchgang der  
 rhindern. Um dieses zu vermeiden, füllt man es zum  
 Steinen oder Gusseisen an. Man darf es alsdann,  
 das Wasser in der Kammer bis zum Oberwasser ange-  
 t, nur mittelst einer Stange etwas überneigen, und es  
 selbst nieder. Zum Wiederaufrichten oder Schliessen  
 dient jedesmal eine an der einen Seite aufgestellte  
 mittelst einer Kette das Thor anzieht. Gemeinhin sind  
 ore mit keinen Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers  
 indem die Kammern mittelst Seitenkanälen in den Mauern,  
 Umläufe gefüllt werden. Das in den Figuren darge-  
 thor, welches auf dem Sandy-Beaver-Canale am Ohio  
 ist, hat dagegen zwei Oeffnungen, die wahrscheinlich  
 gewöhnlicher Schütze geschlossen werden. Die Zugstan-  
 Schütze legen sich mit dem Thore zugleich nieder; so-



bald letzteres aber aufgerichtet ist, befinden sie sich auch Wasser und können alsdann durch Hebel von der Mauer gehandhabt werden.

Die Construction des Thores ist so einfach, dass sie keiner nähern Beschreibung bedarf. Die Wendeskule, ihrer ganzen Länge nach halb-cylindrisch abgerundet, hat an beiden Enden cylindrische Zapfen, welche mittelst eiserner Halsbänder an schon erwähnten hölzernen Wendenische befestigt sind. Zwei Riegel verbinden die Wendeskule mit dem gegenüberstehenden Rahm. Letzterer tritt gleichfalls an beiden Seiten vor, damit das Thor, wenn es dem Wasserdrucke ausgesetzt ist, sich sicher an die Mauer lehne. Ausserdem ist an dem einen vortretenden Kopf die Kette befestigt, womit das Thor gehoben wird. Zwischen beiden Riegeln befinden sich noch zwei Verbandstücke, die die Wendeskule parallel liegen und zur sichern Befestigung des Seitenbelages dienen. Vortheilhafter dürfte es indessen sein, dieselben so anzubringen, dass sie von der Wendeskule nach dem Rahm reichen, und sonach zur innigeren Verbindung dieser Stücke dienen. Auch dürfte der gänzliche Mangel einer Verstrebung im letzten Falle leicht zu beseitigen wäre, um so wenig sich rechtfertigen, als der einseitige Zug beim Heben des Thores ein Verziehn desselben besorgen lässt. Die Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers sind jedesmal mit vollständigen Rahmen umschlossen, um die Bekleidung darauf befestigen zu können. Die Bekleidung, aus einfachen starken Bohlen bestehend, ist doppelt, d. h. auf beiden Thorthäfen angebracht. Von der Ausfüllung der Felder, um das Thor hinreichend schwer zu machen, ist bereits die Rede gewesen. Es muss aber noch bemerkt werden, dass beim geschlossenen Thore die beiden äussern Riegel in der Breite von einigen Zollen sich gegen die, vor die Thorthür vorspringende Mauer lehnen, und durch sorgfältige Bearbeitung derselben der genügend wasserdichte Schluss dargestellt sein muss.

### §. 103.

#### Elserne Schleusenthore.

Die ersten eisernen Schleusenthore sind wie es scheint, von Telford, und zwar auf dem 1793 begonnenen Ellesmere-Canal

worden. Telford sagt <sup>\*)</sup>, er sei hierzu durch die Erfahrung veranlasst, dass gewöhnliche Thore, selbst aus dem besten Eichenholze, nach wenig Jahren schadhaft werden, da sie bei dem häufigen Wechsel der Nässe und Trockenheit kurzer Zeit leiden. Bei jeder Erneuerung oder Ausbesserung der Thore werde aber die Schifffahrt unterbrochen, und es erscheine diesem Grunde als dringendes Bedürfniss, für grössere Dauer der Schleusenthore zu sorgen. Der Ueberfluss an Eisenerzen in der Grafschaft Shropshire habe ihn auf die Anwendung des Gusseisens, statt des Holzes geführt. Der Erfolg habe seine Erwartungen vollständig gerechtfertigt, denn einige dieser Thore seien bereits über zwanzig Jahre im Gebrauche, zeigen aber noch keine Spur von Beschädigung oder Abnutzung.

Die Schleusen des benannten Kanales, oder vielmehr des kurzen Kanal-Systemes in dortiger Gegend sind theils 14, theils 20 Fuss Engl. weit. Die Thore der letztern sind nicht Stemmthore, sondern bestehn nur aus einzelnen Flügeln, und diese eben wie auch die Stemmthore in den Oberhäuptern der weitem Schleusen sind in einem Stücke gegossen. Eine gusseiserne Platte ersetzt nämlich die Bekleidung. Statt der Riegel sind sie mit Verstärkungs-Rippen versehen, und die Schlagsäule und Wendesäule, so wie auch der Schwellrahmen sind gleichfalls aus demselben Guss dargestellt. Die Wendesäule trägt über dem cylindrischen Halse noch einen starken Ring, in welchen der kleine Drehbaum gesteckt ist, der bis zur Schlagsäule reicht. Die Unterthore der weitem Schleusen, welche über 20 Fuss hoch sind, bestehn dagegen aus einzelnen gusseisernen Verbandwerken, die mittelst vorstehender Ränder durch Schraubenbolzen verbunden sind. Sie haben auch eine hölzerne Bekleidung. Die Construction stimmt also mit der später für gusseiserne Thore allgemein üblich gewordenen wesentlich überein.

In den Schleusen des Montgomery-Kanales, der sich an dem eben erwähnten Kanalsysteme in südwestlicher Richtung bei Newtown fortsetzt, bestehn die Thore gleichfalls aus eiserne Platten, die nebst den Schlag- und Wendesäulen in einem

<sup>\*)</sup> *Life of Telford*. London 1838. pag. 36.

Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

Stücke gegossen sind<sup>\*)</sup>). Die lichte Weite der Schleusen in Häuptern misst 7 Fuss Engl. Die Oeffnungen werden hier je zwei Stemmthore geschlossen. Die Axen der beiden Wendesäulen stehn 8 Fuss aus einander. Die Thore bilden cylindrische Flächen, die sich, wenn die Thore geschlossen sind, einer einzigen verbinden, oder zu demselben Cylinder gehen. Die Pfeilhöhe dieses ganzen Bogens misst 1 Fuss 4 Zoll, während die Sehne, wie bereits angegeben, 8 Fuss lang ist. Die Krümmungshalbmesser beträgt 6 Fuss 4 Zoll. Fig. 313 a auf Taf. LXVIII zeigt eines dieser Thore in der Ansicht vom Oberwasser, dasselbe von oben und das andre im horizontalen Durchschnitt<sup>\*\*)</sup>).

Eine auffallende Eigenthümlichkeit dieser Thore besteht in, dass die Verstärkungsrippen, welche die Stelle der Riegel vertreten, nicht, wie sonst geschieht, an der dem Unterwasser zugekehrten, sondern auf der entgegengesetzten Seite liegen. Die Thore lehnen sich also mit den, durch keine Riegel unterbrochenen, cylindrischen Flächen an die Schlagschwellen und die Wendenischen an. Diese Anordnung gewährt den Vorteil, dass die Wendesäulen nicht, wie sonst üblich, aus einem vollständigen Cylinder bestehen müssen, vielmehr genügt es, wenn sie nur den vierten Theil des Cylinders bilden. Im Durchschnitte Fig. 313 b bemerkt man, wie die massive Platte an der Stelle, wo sonst die Wendesäule sich befindet, nach einem Quadranten gekrümmt und dadurch zugleich eine vortretende Rippe bildet, woran die horizontalen Verstärkungsrippen oder die Riegel sich anschließen. An der entgegengesetzten Seite befindet sich eine ähnliche, in einem spitzen Winkel vortretende Verstärkungsrippe, die als Stützsäule dient, und sich gleichfalls an die horizontalen Rippen und Riegel anschliesst.

Am untern Ende der erwähnten cylindrischen Fläche ist eine starke Platte angegossen, welche die Pfanne trägt, das untere Ende ergänzt sich dagegen zu einem vollen, hohlen Cylinder.

<sup>\*)</sup> *Public Works of Great Britain. Vols. II, pag. 5.*

<sup>\*\*)</sup> Der zu diesen Figuren gehörige Maasstab ist genau den fünften Theil kleiner, als der zu den Figuren 320 bis 324 gewöhnlich, woher 4 Fuss des letztern in Fig. 313 a und b 5 Fuss bezeichnet.

bildet den Hals, um welchen, wie um den in jene Pfanne den Zapfen, das Thor sich dreht. Der Hals ist nach der Thore abgekehrten Seite umgebogen und mit vortretendem verschön. An letztern ist mittelst eines gleichen Randes gusseiserne Drehbaum durch sechs Schrauben befestigt.

Der Drehbaum hat in diesem Falle keineswegs den Zweck, Gegengewicht zu bilden, da ein Sacken des eben beschriebenen Thores ganz undenkbar ist: er dient nur zum Oeffnen und Schliessen des Thores. Man hat ihn aber absichtlich möglichst darge stellt, damit er nicht abbrechen möge. Bei der auf Bagliischen Kanälen ziemlich allgemein herrschenden Gewohnheit, dass die Schleusen nicht fortwährend beaufsichtigt werden, Schiffer vielmehr selbst die Thore und die Schütze öffnen und schliessen, geschieht es nämlich häufig, dass das Schliessen der Thore der Strömung selbst überlassen wird, oder dass die Thore der geschlossenen Thore schon geöffnet werden, während andere Thore noch offen stehn. Letztere schlagen alsdann mit grosser Heftigkeit zu, und wenn das Moment des Drehbaums gross ist, oder wenn er wirklich das Gegengewicht bildet, bricht er in diesem Falle leicht ab. Hierin liegt der Grund, weshalb derselbe hier, wo dieses ohne Nachtheil geschehn dürfte, möglichst erleichtert und zugleich in der Nähe des Thors verbleibt.

Um die Thore wasserdicht zu machen, wurden die Schlagthore gegen einander und die Wendesäulen gegen die Wendethore geschliffen. Letzteres geschah in derselben Art, wie bei §. 104 beschrieben. Man setzte jedes Thor einzeln ein, und drückte es gegen die Wendenthore, indem sowohl der untere Zapfen, als auch das Halsband scharf angetrieben wurden. Hierdurch wurde unter fortwährendem Zugiessen von Wasser das Thor hergedreht, wobei theils die gusseiserne Wendesäule, aber auch die festen Sandsteine der Wendenthore sich abtrugen. Sobald das Thor sich ziemlich leicht bewegen liess, wurde die gegenseitige Berührung also nur noch in geringem Masse angedrückt; so wurde der Zapfen und das Halsband aufs Neue angetrieben, und diese Operation so lange fortgesetzt, bis die Wendesäule sich der Wendenthore genau angeschlossen hatte. Zuletzt wurde eines der beiden Thore auf einer Rüstung so



aufgestellt, dass die Wendesäule unten, und der Anschlag der Schlagsäule möglichst horizontal und oben lag. Das andere Thor wurde hierauf mittelst einer geeigneten Befestigung darauf gelegt, und der scharfe Schluss beider Schlagsäulen in gleicher Weise nämlich wieder durch gegenseitiges Abschleifen dargestellt. Scher Sand war zwischen beide geschüttet, und unter häufigem Zergießen von Wasser bewegte man das obere Thor in seiner Längsrichtung etwa 5 Zoll hin und her, wodurch beide Schlagsäulen geebnet wurden.

Endlich musste auch noch dafür gesorgt werden, dass die Thore sich wasserdicht an die Schlagschwellen anlehnten. Dies war indessen leicht zu erreichen, indem die massiven Drempel durch aufgebolzte hölzerne Schwellen verkleidet wurden, denen man theils die den Thoren entsprechende Form leicht geben konnte, die theils aber auch unter dem starken Drucke der Thore etwas comprimirt wurden, und sonach von selbst die Form annahmen.

Auch bei uns hat man die Anwendung des Gusseisens an Schleusenthoren versucht, und zwar ist dieses im Jahre 1821 auf dem Chlodnitz-Kanale in Schlesien geschehn, die gewählte Anordnung weicht indessen von den bisher beschriebenen kleineren Thoren, und noch mehr von den grösseren Dockthoren wesentlich ab \*). Man hat im Allgemeinen die bei uns übliche Holzconstruktion zum Muster genommen. Die Thore bilden auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite ebene Flächen, ihre Breite beträgt 8 Fuss 8 Zoll. Sie sind mit Riegeln, im Abstände von 2½ bis 3 Fuss, und ausserdem mit zwei Mittelstielen versehen. Die Riegel nebst Ober- und Unterrahm und den beiden Mittelstielen sind in einem Stücke gegossen. Jeder dieser Theile bildet eine etwa 5 Zoll breite Platte mit 3 Zoll hoher Verstärkungsrippe, die dem Unterwasser zugekehrt ist. Die Wendesäule besteht in einem hohlen Cylinder, der von oben bis unten den vollen Kreis zum Querschnitte hat, und mit Ausschluss des Halses, das Halsband ihn umfasst, mit einer Rippe versehen ist, an welcher die Enden der Riegel und Rahme angeschoben sind. In gleicher

\*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbflusses in Preussen 1829. Seite 41.



Wen ist die gusseiserne gekröpfte Platte, die als Schlagsäule dient, mit Letztern verbunden. Ein einfacher Bohlenbelag bildet auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thores die Bekleidung. Die Bohlen sind aber in schräger Richtung aufgebracht, damit sie als Streben das Versacken des Thores verhindern: sie sind mit sämmtlichen Riegeln und Mittelstielen, die sie treffen, durch Schraubenbolzen verbunden. Ueber dem Halse der Wendesäule zieht sich noch in etwas geneigter Richtung ein besonders gegossenes Verbandstück bis zur Schlagsäule hin, welches am hintern Ende mit einer Oeffnung versehen ist, worin der hölzerne Drehbaum befestigt ist. Zur Darstellung eines wasserdichten Schlusses, und um zugleich das Gusseisen vor unmittelbarem Stosse zu schützen, sind starke hölzerne Bohlen sowohl an die Schlagsäule, als an den untern Rahm mittelst Schrauben befestigt, die also, sobald die Thore geschlossen werden, theils sich gegenwärtig, und theils die Schlagschwellen berühren. Eigenthümlich ist das Verfahren zur Dichtung der Wendesäule gegen die Wendensche. In der Wendesäule befindet sich nämlich an der Stelle, wo der Schluss statt finden soll, eine 2 Zoll breite Nuthe, die am Boden noch etwas breiter ist, also einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt hat. Diese ist mit Blei ausgegossen, und zwar so, dass Letzteres noch etwas vor der Oberfläche der Säule vorsteht. Bei eintretendem Drucke schliesst sich das Blei an die Stirne der Wendensche an, und verhindert das Durchdringen des Wassers. Ob hierdurch dauernd der beabsichtigte Zweck erreicht worden, muss dahin gestellt bleiben, die Thore selbst zeigten sich aber keineswegs besonders dauerhaft, zerbrachen vielmehr, sobald die Schiffe dagegen stiessen, und sind nur kurze Zeit im Gebrauche gewesen. Vielleicht wurde das Brechen derselben durch die Spannung des gusseisernen Rahmens wesentlich befördert, denn es ist bekannt, dass bei sehr ungleichförmiger Vertheilung der Masse in einzelnen Gussstücken, auch die Abkühlung ungleichmässig erfolgt, und daher an den Stellen, wo ein Uebergang aus grösserm in kleinern Querschnitt statt findet, wie hier neben den Kreuzungen der Riegel und Stiele, schon beim Erstarren und Erkalten des Eisens starke Spannungen und oft sogar Risse entstehen, welche die erste Veranlassung eines spätern vollständigen Bruches sind.

Von grösserer Wichtigkeit ist die Anwendung des Gusseisens im Bau der Thore von Schleusen geworden, die zum Durchgange der Seeschiffe bestimmt sind. Nachdem im Jahre 1803 die Ausführung des Caledonischen Kanals genehmigt wurde, zeigte es sich, dass das zu den Schleusenthoren erforderlich in den gehörigen Dimensionen und von guter Beschaffenheit in England nicht vorhanden war, oder doch nur für überaus hohe Preise angeschafft werden konnte. Dieser Umstand bewog, wie er bereits bei kleineren Kanalschleusen gethan, die Haupt-Verbandstücke auch hier aus Gusseisen darzustellen. Später hat man beim Bau von Dockschleusen dasselbe Verfahren und Thore von noch grössern Dimensionen aus Eisen zugesetzt. Es ist zur Zeit noch nicht entschieden, ob dabei wirkliche Vortheile erreicht sind. Die Ansichten der Ingenieure gehen wenigstens bedeutend von einander ab, und die allseitig gehegte Erwartung, dass solche Thore unvergänglich sein werden, ist wohl nicht bestätigt. Im Seewasser ist das Gusseisen, auch keiner schnellen, doch einer stets fortschreitenden Verwitterung seiner Masse ausgesetzt, und verliert endlich in seiner Festigkeit die ursprünglichen Zusammenhang. Gusseisernen Thoren, die etwa hundert Jahre in einem gesunkenen Schiffe gelegen hatten, waren so weich, dass man sie mit einem Felsbeil zerschneiden konnte, und hatten sich dem Anscheine nach ganz in Graphit verwandelt. Im süsssen Wasser leidet das Gusseisen weniger, aber als ganz unvergänglich ist es nach den Erfahrungen auch hier keineswegs anzusehn. Davy's Entdeckung, dass man ein Metall vor dem Oxydiren schützt, sobald es mit einem andern Metalle in Verbindung bringt, das weniger electropositiv ist, hat man auch zur Sicherung eisernen Schleusenthore benutzt. Man hat Zinktafeln aufgelegt, die von Zeit zu Zeit erneuert werden müssen, indem die Oxydation oder die Verbindung mit dem Sauerstoffe des Wassers an der Oberfläche in ausgedehntem Maasse erfolgt. Die Erfahrungen hierüber sind noch zu wenig ausgedehnt, als dass man über die Anwendbarkeit schon ein sicheres Urtheil sich bilden könnte; muss aber erwähnt werden, dass Leslie bei den wiederholten Untersuchungen der Thore des Dundee-Docks fand, wo dieses Mittel angewendet war, dass nach Verlauf von drei

Wirksamkeit des Zinks aufhörte, und das Eisen zu rosten an \*).

Bei dem Gusseisen zeigt sich noch ein andrer Uebelstand, den bereits bei Beschreibung der Thore der Chlodnitzer Kanalsen gedacht ist. Derselbe beruht in der grossen Sprödigkeit. Die nicht immer zu vermeidenden Stösse beim Gegenfahren der Schiffe, oder beim Zuschlagen der Thore, namentlich in den Deck-Schleusen, können leicht sehr zerstörende Wirkungen hervorn, und wenn hölzerne Verbandstücke dabei gleichfalls leiden würden, so ist es doch ein wesentlicher Unterschied, dass das Gusseisen zäher ist, als das Gusseisen. In jenem wird vielleicht ein Bündel der Fasern zusammengepresst und geknickt, oder auch wohl zerissen, während das Verbandstück den Zusammenhang doch nicht ganz verliert, und sonach den plötzlichen Durchbruch des Wassers noch verhindert: beim Gusseisen dagegen erfolgt der Bruch gleich vollständig, und der gebrochene Riegel oder die Thore zerfällt in mehrere Stücke, so dass die Anspannung des Wassers plötzlich aufhört, und dasselbe mit Heftigkeit durchströmt, wodurch Gefahren die Schiffe und die Umgebungen der Schleuse ausgesetzt sein können, bedarf keiner nähern Erörterung.

Obwohl das Gusseisen auch in neuester Zeit noch zu grossen Schleusenthoren benutzt worden ist; so zeigt sich andererseits doch in manchen Fällen grosses Bedenken gegen die Anwendung desselben zu solchem Zwecke, und namentlich ist es wichtig, dass die neue Schiffsschleuse im Caledonischen Kanale, welche vorgewiesen die Umgebungen gegen einen Durchbruch des Lochs sichern soll, und welche, wie früher der ganze Kanal, auf Kosten der Englischen Regierung erbaut wurde, hölzerne Thore halten hat. Die Beschaffung des Eichenholzes verursachte dabei wieder sehr grosse Schwierigkeiten, aber man entschloss sich lieber dazu, schwere Mahagony- und Teakholz-Stämme aus Amerika zu verwenden, als Gusseisen zu wählen \*\*). Dass die Thore der dem in neuerer Zeit erbauten Coburg-Dock in Liverpool aus Eisen bestehen, ist bereits erwähnt, und wie ich erfahren, baut man gegenwärtig vor einem neuen Dock gleichfalls in Liverpool, dessen Oeffnung sogar 80 Fuss misst, wieder hölzerne Thore.

\*) *The Civil Engineer and Architect's Journal*. 1845. pag. 150.

\*\*) *The Civil Engineer and Architect's Journal*. 1845. pag. 253.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Zweckigkeit der Benutzung des Gusseisens zu grossen Schleusen, namentlich in Seehäfen, gehe ich zur Beschreibung der über, und werde mit den von Telford gebauten Thoren der Schleusen des Caledonischen Kanales den Anfang machen.

Die lichte Weite dieser Schleusen misst 40 Fuss Eng oder 38 Fuss 10 Zoll Rheinländisch, und die Thore sind Sehne gemessen 21 Fuss 10 Zoll Rheinländisch lang. Die Höhe ihrer Krümmung beschränkt sich nur auf etwa 6 Zoll. Fig. 1 zeigt eines dieser Thore *a* in der Ansicht vom Oberwasser, *b* in der Ansicht vom Unterwasser, *c* im horizontalen und *d* im vertikalen Durchschnitt. Letzterer ist jedoch an zwei verschiedenen Stellen gedacht: im untern Theile zeigt er die Querschnitte der Riegel und die Vorrichtung zur Unterstützung des Thores, die Rolle, oben dagegen stellt er die Wendesäule vor der Verbindung mit den Riegeln dar. Die Wende- und Schlagstange wie die Riegel mit Einschluss des obern und untern Rahmens einzeln gegossen und durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Die Details dieser Verbindung so wie die Dimensionen von einzelnen der erwähnten Verbandstücke weisst Fig. 2 und *b* specieller nach. Die Bekleidung besteht aus 24 Eichenbohlen und ist nur einfach.

Die Wendesäule besteht aus einem hohlen Cylinders mit 18 Zoll Durchmesser, der jedoch nur im obern und untern Theile wo er die Drehungs-Axe bildet, den vollen Kreis im Durchschnitte darstellt. Auf den grössten Theil seiner Länge, nämlich auf die obere Fläche des Oberrahmens bis unter den Schwellrahmen, der der den Riegeln zugekehrten Seite nahe die Hälfte der inneren Fläche, und diese ist durch eine ebene Platte ersetzt. Auf letztere werden die auf- und abwärts gerichteten Lappen der Riegel mittelst Schraubenbolzen befestigt. Zwischen je zwei Riegeln befindet sich in dieser Platte jedesmal eine Oeffnung durch theils die Eisenmasse etwas vermindert, theils aber das Einsetzen jener Bolzen sehr erleichtert wird, indem man in die Säule hineingreifen kann. Die Riegel sind etwa 12 Zoll breit, an der Seite der Bekleidung mit Rändern versehen, wohl nach oben, als unten vortreten, und woran die Bohlen mit Schraubenbolzen befestigt sind. An der gegenüberstehenden



befindet sich an dem Riegel noch eine niedrige, abwärts gerichtete Verstärkungsrippe. Endlich sind die Enden der Riegel an bereits erwähnten, nach oben und unten gekehrten Lappen, wodurch die Verbindung mit der Wende- und mit der Schlagsäule dargestellt wird (vergl. Fig. 308). Die Schlagsäule besteht nur aus einer Platte mit niedriger Verstärkungsrippe an einer Seite. In Fig. 307 c ist dieselbe gezeichnet, sowie der Querschnitt des mittleren Theiles der Wendesäule. Der Rahmen und der Schwellrahmen sind im Wesentlichen den beschriebenen Riegeln gleich; dem ersteren fehlen nur die sämtlichen Rippen nach oben, und dem letzteren die nach unten gekehrten Rippen.

Zur Darstellung des wasserdichten Schlusses zwischen den Säulen der beiden Thore und neben den Schlagschwellen sowohl an die Schlagsäule, als auch an den Schwellrahmen sind Stücke geholt, die man in Fig. 307 c und d und in Fig. 308 b bemerkt. Die Bekleidungs-Bohlen sind lothrecht gesägt und wieder mittelst Schraubenholzen an die Ränder der Säule und Rahme befestigt. Zwischen die untern Riegel sind zwei Rahmen und Stützen geschoben, welche mit den auf der innern Seite des Thores befindlichen Schossthürleisten verbunden sind und zur gehörigen Befestigung der letztern dienen. Diese Stützen, sowie die Schütze selbst und die in den Bohlenbelag eingesetzten Rahmen, wogegen die Schütze sich lehnen, bestehen aus Gusseisen, und sind an den Stellen, wo sie sich berühren, sorgfältig bearbeitet. Die nähere Beschreibung derselben, sowie der Schütze, die das Thor trägt, und deren Befestigung, soll später theilt werden. Hier wäre nur wieder darauf aufmerksam zu machen, dass diesem Thore jede Vorstrebung fehlt.

Die eben beschriebene Construction ist im Wesentlichen auch bei später ausgeführten gusseisernen Thoren beibehalten, wenn auch manche Abweichungen in einzelnen Theilen dabei vorkommen. Bei den Thoren des Docks zu Montrose, welches 1843 erbaut wurde, besteht die Bekleidung aus Eisenblech, und ist eine solche auf jeder Seite des Thores angebracht, oder es sind wasserdicht abgeschlossene Räume zwischen den Riegeln angebracht, die, wenn sie leer sind, das Thor tragen und das Sinken des Thores verhindern. Auch die Hauptverbandstücke weichen in



mancher Beziehung von den vorher beschriebenen ab. Einzelne Details derselben sind Fig. 314 auf Taf. LXVIII dargestellt. *a* ist ein horizontaler Querschnitt durch die Wendesäule, *b* durch die Schlagsäule, *c* ein vertikaler Durchschnitt nach der Längsrichtung des Thores an der Seite der Schlagsäule und *d* gleichfalls ein vertikaler Durchschnitt, jedoch quer durch das Thor gelegt. \*)

Die lichte Weite dieser Dockschleuse misst 55 Fuss. Auch der Abstand beider Drehungsaxen in den Wendesäulen beträgt 57 Fuss, und in dem gleichschenkligen Dreiecke, welches Grundrisse durch die Seilen der Thorflächen gebildet wird, trägt die Höhe 10 Fuss, die Pfeilhöhe der Krümmung jeder Thorfläche dagegen 18 Zoll. Die Thore sind 22 Fuss hoch.

Die Wendesäule ist, wie Fig. 314 *a* zeigt, theils durch eine cylindrische, und theils durch eine ebene Fläche umschlossen. Die erstere dehnt sich aber bedeutend über den halben Cylinder aus. Sie hält 1 Fuss 9 Zoll im Durchmesser. In der ebenen Fläche befinden sich wieder Oeffnungen, um das Einsetzen der Bolzen zu erleichtern. Die Wandstärke der cylindrischen Fläche beträgt 1½ Zoll, die der ebenen 1½ Zoll. Oben und unten ergänzt die Wendesäule zum vollen Cylinder, und ist auf einer grossen Drehbank abgedreht. In ihr unteres Ende ist in gleicher Weise wie bei den Thoren des Caledonischen Kanals (Fig. 308 b), eine Pfanne eingeschoben, welche den an die Bodenplatte angelegten Zapfen umfasst. Um die Riegel mit grösserer Leichtigkeit zu festigen zu können, und um zugleich ein mögliches Verschieben derselben beim Anziehen der Schrauben, oder später zu verhindern, sind an die ebene Oberfläche der Wendesäule jedesmal zwei kurze Rippen, oder sogenannte Nasen angegossen, auf welche der abwärts gekehrte Lappen an jedem Ende eines Riegels aufliegt.

Die Schlagsäule besteht aus einer 18 Zoll breiten und 1½ Zoll starken Platte, die an jeder Seite mit einem 1½ Zoll starken umgebogenen Rande versehen ist, wozwischen das Holzstück eingesetzt ist, welches den eigentlichen Anschlag gegen das andre Thor bildet. Auch an die Schlagsäule sind jene Nasen

\*) Eine Beschreibung der Thore befindet sich in dem *Civil Engineer and Architect's Journal*. Vol. VIII. pag. 130.

gegossen, von denen wieder je zwei jeden Riegel unterstützen. Zwischen den Riegeln befinden sich auch hier, wie in der ebenen Leiste der Wendesäule, grosse Oeffnungen, um die Eisenmasse vermindern.

Die Riegel, von denen mit Einschluss des obern und untern Riegels in jedem Thore elf angebracht sind, bestehen aus 2 zölligen Eisenstangen, deren Breite in der Mitte des Thores 18, und an den Enden 16 Zoll misst. An jeder Seite der Riegel sind Rippen gegossen, die theils aufwärts, und theils abwärts gekehrt sind, die sowohl zur Verstärkung, als auch zur Befestigung der Verbindungen des Thores dienen. Die Höhe dieser Rippen beträgt Ganzen 9 Zoll. Die dem Oberwasser zugekehrte, oder an der convexen Seite des Thores befindliche Rippe ist 2 Zoll stark, die andre dagegen nur  $1\frac{1}{2}$  Zoll. Die Lappen an den Enden der Riegel, die gleichfalls auf- und abwärts gerichtet sind, sind 2 Zoll stark und zusammen 18 Zoll hoch. Mit den horizontalen Platten der Riegel sind diese Lappen nicht nur unmittelbar, sowie auch auch die eben erwähnten Rippen zu beiden Seiten verbunden, sondern es dienen hierzu noch dreieckige Ansatzstücke, die auf der Platte zwischen beiden Rippen liegen und sowohl aufwärts als abwärts die Lappen unterstützen. Alle diese erwähnten Theile sind jedesmal in einem einzigen Gussstücke dargestellt. Die untern Lappen liegen an jeder Seite des Riegels auf den Nasen, die sowohl an die Wendesäule, als an die Schlagsäule angegossen sind, und ausserdem ist jeder Lappen mittelst zwei Schraubenbolzen von  $1\frac{1}{2}$  Zoll Stärke an die Säule befestigt.

Die Bekleidung, welche auf beiden Seiten angebracht ist, besteht aus Kesselblechen. Die untere Reihe derselben, etwa Fuss hoch, hat eine Stärke von  $\frac{1}{2}$  Zoll, die übrigen dagegen nur von  $\frac{1}{4}$  Zoll. Diese Bleche sind sowohl unter sich, als an den Riegeln, die Wendesäule und Schlagsäule genietet. Die Niete sind im untern Theile des Thores  $\frac{1}{2}$  Zoll, oben dagegen nur 1 Zoll stark. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt etwa  $2\frac{1}{2}$  Zoll. Um die Wasserdichtigkeit der Bekleidung zu prüfen, wurde das Thor, nachdem es zusammengesetzt war, lothrecht aufgestellt und mit Wasser gegossen. Es zeigte sich dabei nirgend ein Leck.

Um den wasserdichten Schluss der Thore gegen die Wendenischen, die Schlagschwellen und der beiden Schlagsäulen gegen einander zu bilden, wurde zunächst jede Wendensäule, die sie mit den Riegeln verbunden war, in die vorher mit möglichster Sorgfalt ausgearbeitete Wendenische gestellt, oben und unten scharf dagegen gekeilt, und unter fortwährendem Zugiessen von Wasser und Zuschütten von scharfem Sande hin und her gedreht, bis die Berührung vollständig stattfand. Der untere Riegel oder Schwellrahmen ist nur mit den aufwärts gekehrten Rippen und Lappen versehen, er bildet daher an der untern Seite eine ebene Fläche. An letztere ist eine eichene Schwelle von 12 Zoll Höhe befestigt, die in der Mitte 19 und an jedem Ende 17 Zoll breit ist. Die Fuge zwischen ihr und der gusseisernen Platte ist mit Filz gedichtet, und Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen pressen Beide fest zusammen. In ähnlicher Weise ist die Schlagsäule zwischen ihren beiderseitigen Rippen mit einem eichenen Balken ausgefüllt, der genau schliessend eingetrieben ist, und in die hölzerne Schwelle des Schwellrahms mit einem Zapfen eingreift. Er ist überdiess mittelst 1zölliger Bolzen an die Rippen der Schlagsäule befestigt.

Eine Verstrebung fehlt auch diesem Thore. Das Sacken ist theils durch eine Rolle verhindert, auf welcher das Thor ruht, theils auch dadurch, dass man Letzteres auspumpen und sonach den Wasserdruck zum Tragen desselben benutzen kann.

In jedem Thorflügel befindet sich eine Schütz-Oeffnung von 3 Fuss Höhe und 2 Fuss Breite. Das Schütz selbst besteht eben so wie der Rahmen und die Leisten, wozwischen es sich bewegt, aus Eisen. Die Anwendung eines andern Metalles ist überhaupt an dem ganzen Thore vermieden. Eine Ausnahme davon machen nur die Zinkstreifen, die man in neuerer Zeit vielfach anzubringen pflegt, um der Oxydation des Eisens vorzubeugen.

Die gusseisernen Thore der trocknen Docks zu Sherriffs sind insofern wichtig, als man sie mit vollständiger Verstrebung versehen hat. In gleicher Weise, wie bei hölzernen Thoren, läuft die Strebe in diagonalen Richtung durch das Thor, doch steht sie nicht auf dem Fusse der Wendensäule auf, vielmehr nahe dem Ende des letzten Riegels über dem untern Rahm. Jedes Thor ist 31½ Fuss Rheinländisch breit und 28 Fuss hoch. Die Krüm-

nung entspricht einer Pfeilhöhe von  $2\frac{1}{2}$  Fuss. Die Wende- und Schlagsäule sind in gewöhnlicher Art angeordnet. Die Riegel, deren mit Einschluss der beiden Rahme zwölf vorhanden sind, bestehen aus Platten von 15 Zoll Breite, die mit vier vertikalen, 6 Zoll hohen Rändern versehen sind. Drei dieser Ränder sind aufwärts, und einer abwärts gekehrt. Der untere Rahm hat nur die drei aufwärts gekehrten Ränder, der obere dagegen drei abwärts gekehrte. Die beiden untern Riegel liegen unmittelbar übereinander, so dass sie sich mit den Rändern berühren. Der Abstand vergrössert sich indessen nach und nach bei den folgenden Riegeln und misst oben 3 Fuss 4 Zoll. Die Strebe, gleichfalls aus einer Platte mit Verstärkungs-Rippen bestehend, ist aus zehn Theilen zusammengesetzt, welche mit den Riegeln durch die angezogenen Lappen mittelst Schraubenbolzen verbunden sind. Jedes Thor wird überdiess durch eine zweifüssige Rolle neben der Schlagsäule unterstützt. Diese Rolle liegt ganz ausserhalb des Thores und trägt zunächst eine eiserne Säule, die am obern Ende mit einem Schraubengewinde versehen ist, worauf der obere Riegel ruht. Die Thore sind auf der äussern Seite mit Holz, auf der dem Dock zugekehrten Seite dagegen mit Eisenblech verkleidet.<sup>\*)</sup>

Die grössten gusseisernen Stemmthore sind, soviel bekannt, diejenigen, welche das trockne Dock zu Woolwich verschliessen. Sie sind im Jahre 1843 von Walker erbaut. Der Eingang zum Dock ist 80 Engl. Fuss weit. Sie sind mit einer Holzbekleidung versehen.

Bei mehreren der beschriebenen Thore ist gewalztes Eisen oder Eisenblech zur Bekleidung benutzt. Dieses Material hat in unserer Zeit noch ausgedehntere Anwendung in der Construction der Schleusenthore gefunden. Man hat nämlich schon mehrfach vorgeschlagen, kleinere Schleusenthore ganz aus Eisenblech zu erbauen und die nöthige Steifigkeit ihnen in gleicher Weise zu geben, wie beim Bau der eisernen Schiffe üblich ist, nämlich durch starke Schienen, die ihrer Länge nach unter einem rechten Winkel gehogen sind, oder durch sogenannte Eckeisen. Indem die Bleche auf beiden Seiten an diese Eckeisen oder auch wohl

<sup>\*)</sup> *The Theory, Formation and Construction of British and foreign harbours, by J. Renne* 2tes Heft.



zwischen zwei derselben genietet werden, so lassen sich hierdurch nicht nur alle beliebigen Formen darstellen, sondern es kann durch Zwischenwände auch jede beliebige Verstärkung anbringen.

Diese Construction ist genau dieselbe, die in neuerer Zeit in den sogenannten Röhrenbrücken eine überraschende Festigkeit und Steifigkeit gezeigt hat. Hauptbedingung ist dabei aber, daß die Niethen nicht nachgeben, und man muss dieselben sehr sorgfältig einsetzen, wenn man in dieser Beziehung auch für spätere Zeit gesichert sein will. Der Niethbolzen lässt sich freilich, wenn er glühend eingesetzt und mit einem Kopfe versehen wird, sehr stark anspannen, indem nicht nur die kräftigen Hammerschläge die Bleche und Schienen zusammentreiben, sondern ausserdem der Bolzen beim Erkalten sich noch etwas verkürzt, und dadurch die Pressung noch verstärkt. Die Verbindung ist indessen für die Dauer nicht hinreichend gesichert, wenn das Verschieben der Bleche und Schienen gegeneinander nur durch die Reibung verhindert wird, welche aus dem starken Drucke der gegenüberstehenden Köpfe jedes Niethbolzens entsteht. Namentlich bei starken Erschütterungen ist ein allmähliges Lockerwerden der Bleche gegeneinander und folglich ein geringes Ausweichen derselben wohl denkbar; und es ergibt sich leicht, dass bei grosser Ausdehnung solcher Verbindungen bedeutende und höchst nachtheilige Formveränderungen in diesem Falle eintreten können.

Von grosser Wichtigkeit ist es daher, dass der Niethbolzen unmittelbar ein solches Verziehen verhindert. Dieses ist aber zu erwarten, wenn er die Bohrlöcher in den Blechen und Schienen vollständig ausfüllt. Wären die Löcher durch alle Stücke, die durch einen Bolzen verbunden werden sollen, wirklich gehöhrt, und zwar nachdem diese Stücke schon zusammengestellt sind, so würde es leicht sein, das ganze cylindrische Bohrloch durch den beinahe eben so starken Niethbolzen vollständig auszufüllen, indem der Bolzen bei der Ausbildung des Kopfes die Länge nach gehämmert oder gestaucht wird, also seine Dicke sich wieder etwas vergrössert. Dieses Ausbohren unterbleibt aber, weil es zu mühsam und kostbar wäre. Die Löcher werden jedesmal in die einzelnen Bleche und Schienen eingestossen. Man pflegt dabei freilich grosse Vorsicht anzuwenden, dass sie bei



genau Zusammenfügen der Bleche genau einander treffen, doch wird dieses nie vollständig erreicht. Man bohrt gewöhnlich mit einem kleinen Bohrer nach einer eisernen Chablone den Mittelpunkt jedes Bohrloches vor, und indem der stählerne Stempel der Pressmaschine mit einem in der Axe vortretenden Kerne versehen ist, so kann man Letzteres leicht in die vorgebohrte Vertiefung einsetzen, und das Loch sehr genau an der beabsichtigten Stelle anbringen. Indem aber für alle Bleche und Schienen, die zusammengezielt werden sollen, dieselben Chablonen benutzt werden, so sollte man meinen, dass die ausgestossenen Löcher bei diesem Verfahren auch sehr genau zusammenpassen müssten. Dieses ist aber nicht der Fall, und zwar wird es durch das Verziehen der Bleche und Schienen beim Ausstossen der Löcher verhindert. Jedes Blech, in welchem eine Reihe Löcher ausgestossen wird, dehnt sich dabei in dieser Richtung etwas aus, und zwar geschieht es bei einem mehr, bei dem andern weniger; zuweilen tritt dabei eine so starke Verlängerung ein, dass das Blech sich merklich wölbt und wieder gerade gehämmert werden muss.

Unter solchen Umständen können die ausgestossenen Löcher nicht mehr genau zusammentreffen. Bei einer Verbindung, die sehr genau sein sollte, bemerkte ich, dass die 14zölligen Niethlöcher häufig um den achten Theil eines Zolles von einander abweichen. Auch beim Zusammensetzen der Britannia-Röhrenbrücke über den Menai hat man keine grössere Genauigkeit der Arbeit erreicht, zum Theil sind die Abweichungen dort noch grösser gewesen, besonders wenn vier und selbst fünf Stücke durch denselben Niethbolzen verbunden werden mussten.

Wenn nun das Loch, in welches der Niethbolzen getrieben werden soll, bald hier bald dort, durch die vortretenden Ränder der einzelnen Bleche verengt wird, so ist man gezwungen, schwächere Bolzen anzuwenden. Indem diese glühend eingetrieben werden, dürfen sie keinen grossen Widerstand finden, sonst werden sie in dem hintern Theile, der sich noch ausserhalb der Bleche befindet, aufgestaucht, und sind gar nicht hineinzubringen. Wenn man aber Bolzen anzuwenden gezwungen ist, die bedeutend schwächer sind, als die in die einzelnen Bleche eingestossenen Löcher, so können sie diese nicht mehr ausfüllen; es bleiben also grosse Zwischenräume, die ein geringes Verschieben der Blöcke

gegen einander erleichtern. Ausserdem wird der Druck, den Bolzen ausüben kann, und folglich auch die Reibung zwischen den Blechen mit dem geringeren Durchmesser des Bolzens mindert. Man wendet freilich noch das Mittel an, dass nach dem Einsetzen der Niethe hin und wieder in einzelne Niethe schwach konisch geformte stählerne Bolzen treibt, und allen werden die Löcher hierdurch etwas regelmässiger, aber vollstän- geschieht dieses doch nicht, und dabei tritt überdiess unverkenn- der Uebelstand ein, dass die Bleche ungleichmässig gedrückt werden, und sonach in Folge der Elasticität des Eisens der Druck auf einzelne Nietbolzen übertragen wird, die übrigen nicht früher in Wirksamkeit kommen, als bis diese schon gegeben haben. Die ganze Verbindung wird demnach durch so gewaltsames Spannen der Bleche wesentlich geschwächt.

Diese Bemerkungen sollen keineswegs ein Misstrauen in die höchst wichtige neue Constructionsart, die so vielfache Anwendung finden kann, ausdrücken. Ihr Zweck war nur, auf den wesentlichen Mangel derselben aufmerksam zu machen, der Beseitigung hoffentlich nicht unmöglich sein wird.

Die Zusammensetzung ganzer Schleusenthore aus gewalzten Blechen gewährt zunächst den grossen Vortheil, dass man in der Wahl der Höhe und Breite der Thore nicht durch Stärke und Länge der disponibeln Hölzer beschränkt ist. Demnächst hat das gewalzte Eisen vor dem Gusseisen bei dieser Anwendung den unverkennbaren Vorzug, dass es bei zufälligen Stössen und plötzlichen Zusammenschlagen der Thore nicht der Gefahr Brechens ausgesetzt ist. Andererseits ist es zwar nicht in Abzweifel zu stellen, dass das gewalzte Eisen an sich und besonders in grossen Blechstärken mehr, als das Gusseisen vom Roste befallen wird, nichts desto weniger ist zu erwarten, dass man Mittel finden wird, diesem Uebelstande zu begegnen, namentlich da die Anbringer der Zinkstreifen doch innerhalb gewisser Grenzen schon günstige Resultate gegeben hat.

Es dürfte zweifelhaft sein, ob die eben angedeutete Construction auch auf die Wendesäule Anwendung finden kann, und in der That hat man beim Bau einer grossen Dockschleuse zwar alle übrigen Theile der Thore aus gewalztem Eisen, die Wendesäulen aber aus Gusseisen dargestellt. Der Grund

Leichtigkeit lag wohl nur in der Schwierigkeit, die Wendestü-  
le gehöriger Stärke und unter genauer Beobachtung der  
cylindrischen Form aus Blechen darzustellen, denn bei den sonst  
üblichen Anordnungen war keine Veranlassung, für diesen Theil  
sonst zu wählen. Diese Schwierigkeit erscheint jedoch keines-  
wegs unüberwindlich: wogegen der Vortheil einer grössern Festig-  
keitsvergleichungsweise gegen das Gusseisen, namentlich da die  
Säule aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden musste,  
sehr gross ist. Vortretende Niethköpfe dürfen freilich in  
cylindrischen Fläche der Wendestüle nicht vorkommen, aber  
Anwendung starker Bleche, die schon aus andern Gründen  
verwendet werden mussten, liessen sich leicht versenkte Köpfe an-  
bringen, und die Zahl derselben konnte wesentlich vermindert  
werden, wenn die Bleche so lang waren, dass sie über den ganzen  
cylindrisch abgerundeten Theil herüberreichten. Ferner dürfen  
die Ränder der Bleche sich nicht überdecken; doch auch  
dies wäre leicht zu vermeiden, wenn man Laschen unter die  
Bleche legte, oder wenn man, wodurch die Säule noch wesentlich  
verstärkt werden könnte, doppelte Bleche anwendete, die in ihren  
Mitte sich gegenseitig überdeckten. Das Biegen der einzelnen  
Bleche nach cylindrischer Form kann bei Anwendung eines guss-  
eisernen Kerns keine Schwierigkeiten bieten, und wenn die Bleche  
gehöriger Stärke gewählt sind, so kann die weitere Bearbeitung  
daraus zusammengesetzter Säule und deren Anpassen an die  
cylindrische gewiss eben so leicht und genau bewirkt werden,  
wenn sie aus Gusseisen bestände.

In der Schleuse oberhalb des grossen Bassins bei Mühl-  
hausen auf dem Rhein-Rhone-Canal hat man die Schleusenthore  
aus Eisenblech erbaut, und die Wendestülen in der eben  
erwähnten Art zusammengesetzt. Die dazu verwendeten Bleche  
sind nahe 7 Linien stark. Die lichte Weite der Schleusenhäupter  
ist 17 Fuss und das Gefälle beträgt 4 Fuss 9 Zoll. Die Thore  
1845 erbaut, und nachdem sie drei Jahre im Gebrauche ge-  
wesen, befanden sie sich in unversehrtem Zustande. \*)

Auch die Thore vor dem neuen Dock in Bremerhaven sind  
aus Eisenblech zusammengesetzt. Dieselben schliessen eine lichte

\*) *Annales des ponts et chaussées*, 1849. II. Semestre. pag. 177 ff.  
Lyon, Baudh. d. Wasserbauk. II. 3.

Oeffnung von 72 Fuss Breisch oder 66 Fuss 6 Zoll ründisch; die Ebbehore sind ungefähr 30, die Fluthhore 40 hoch. Die Wendesäulen derselben bestehn jedoch aus Guss und zwar hat man sie aus einer grössern Anzahl einzelner zusammengesetzt: bei jedem Fluththore aus sieben. Die Beschreibung dieser Thore umgehe ich, da die Erfahrung die Zweckmässigkeit dieser Construction noch nicht entschieden.

Die zuletzt erwähnten Schleusenthore, sowie auch versch der früher beschriebenen werden grossentheils vom Wasser tragen, indem sie Kasten bilden, welche man entweder ganz pumpen, oder beliebig weit mit Wasser anfüllen kann, um das nöthige Gewicht zu geben. Sie machen hiernach den Gang zu einer andern Art des Verschlusses grosser Oeffnungen nämlich zu den sogenannten Ponton-Thoren. Indem sehr mühsam zu handhaben sind, so kommen sie bei den lichen Schiffsschleusen wohl niemals vor, vielmehr nur bei trocknen Docks, die zum Neubau und noch mehr zur Reparatur von Seeschiffen dienen. Es erscheint daher angemessenes dieselben hier zu übergehn, und ihre Beschreibung bei Beschreibung der Hafenanstalten zu geben. Hier mag nur erwähnt werden, dass sie gemeinhin frei schwimmend, wie Schiffe, werden. Wenn die Einfahrt des Docks geöffnet oder geschlossen werden soll, werden sie leer gepumpt, und dann fortgezogen wieder zurück an ihre Stelle gebracht. Sobald sie aber an ihrer Stelle sich befinden, so lässt man das Wasser hineinfließen, durch sie so beschwert werden, dass sie zu Boden sinken und den wasserdichten Schluss darstellen. Hierbei kommt noch Verschiedenheit vor, dass man sie gewöhnlich, um die Oeffnung frei zu machen, in den Vorhafen schiebt; in einzelnen Fällen gegen befinden sich seitwärts in den Mauern schmale Kanäle die in der ganzen Länge des Thores rechtwinklig gegen den Docks zurücktreten, und in diese wird das Thor, ohne es seine Richtung ändern darf, hineingeschoben, wodurch die Bewegung desselben etwas erleichtert und gesichert wird.

Bei dem in neuerer Zeit von Branel dem jüngeren errichteten Dock zu Bristol ist eine Einrichtung gewählt, wobei die Bewegung des Pontons mit der eines Schleusenthores insofern einstimmt, als es um eine senkrechte Axe gedreht wird. Fol-



zeigt dieses Pontonthor, nämlich *a* in der Ansicht von oben, *b* vom Oberwasser oder vom Aussenhafen gesehn und *c* im vertheilten Durchschnitt durch die Mitte des Thores \*). Die Oeffnung des Dockes misst 54 Fuss Englisch und die Höhe des Thores 11 Fuss. Letzteres ist aus Eisenblech zusammengesetzt und bildet einen horizontalen Bogen, so dass es wie ein Gewölbe den Seitendruck des Wassers auf die Mauern des Dockes überträgt. Die eigenthümliche Form des Querschnittes erklärt sich dadurch, dass man dem Thore an sich, ohne zu sehr die Drehungsaxe in Anspruch zu nehmen, die nöthige Stabilität in Bezug auf den Wasserdruck geben wollte, so oft es geöffnet war. Durch die ganze Länge des Thores sind zwei wasserdichte horizontale Scheidewände, gleichfalls aus Eisenblech bestehend, gezogen; sie theilen das Thor in drei verschiedene Räume. Der untere steht durch nachwärts angebrachte Oeffnungen fortwährend mit dem Vorhafen in Verbindung. Sobald daher der Wasserstand nur die Höhe der ersten Scheidewand erreicht, so füllt dieser Raum sich ganz mit Wasser, wodurch der Schwerpunkt des Thores gesenkt, oder dessen Stabilität vergrößert wird. Der mittlere Raum ist stets von Wasser frei, er dient vorzugsweise zum Tragen des Thores. Durch denselben führen zwei blecherne Kasten hindurch, die von aussen durch Schütze geschlossen sind. Sobald letztere geöffnet werden, ergiesst sich das Wasser in das Dock und füllt dasselbe. Der obere Raum endlich wird soweit mit Wasser gefüllt, oder ausgepumpt, dass das Thor, wenn es geöffnet ist, zwar mit einem gewissen Drucke auf den Rollen ruht, jedoch nicht zu stark dieselben belastet. Wenn dagegen das Thor geschlossen ist, so lässt man auch in den obern Raum das äussere Wasser frei einströmen, um zu verhindern, dass das Thor bei hohen Wasserständen nicht etwa gehoben werde.

Die Drehung erfolgt um eine seitwärts befestigte starke Eisenstange, welche durch zwei Schienen am obern und untern Theile des Thores hindurchgreift. Das Thor ruht aber auf zwei grossen Rollen oder Rädern, die auf zwei kreisförmigen Bahnen laufen,

\*) Der Massstab, worin diese Figur gezeichnet, ist genau viermal so gross, als der an der rechten Seite der Tafel angegebene, und zu Fig. 320 bis 324 gehörige Massstab.



und es befindet sich in der Verlängerung der einen Mauer eine vollständige Thornsche, um das Thor vor Beschädigungen, namentlich durch Wellenschlag zu sichern, sobald es geöffnet ist.

Wenn das Thor geschlossen ist, so lehnt es sich unten an zu beiden Seiten an die massive Schlagschwelle und die Seitenmauern aus Werksteinen. Die berührten Flächen liegen sämmtlich in einer Ebene und sind sorgfältig bearbeitet. Für den wasserdichten Schluss ist aber dadurch gesorgt, dass das Thor unten und zu beiden Seiten mit Bohlen aus Mahagoni-Holz verkleidet ist. Endlich ist noch zu bemerken, dass in beiden bereits erwähnten horizontalen Zwischenböden, sowie auch in dem oberen Deckboden Kisteigenöffnungen, oder Mannlöcher angebracht sind, um die nöthigen Reinigungen vornehmen zu können.

Ob dieses Thor sich als besonders zweckmässig bewährt hat, ist zur Zeit nicht bekannt geworden. Nach einer Mittheilung ist dieses nicht der Fall sein, indem das Thor schwer zu handhaben ist und seine Behandlung grosse Vorsicht und beständige Aufmerksamkeit erfordert.

### §. 106.

#### Befestigung der Schleusenthore.

Zur Befestigung der Schleusenthore dienen die Pfannen und Halsbänder nebst zugehörigen Zapfen, um welche die Thore bei Öffnen und Schliessen leicht und sicher gedreht werden können.

Schon bei Beschreibung der Construction der Schleusenthore ist erwähnt worden, dass die Drehungsaxe derselben jedesmal in die Wendesäule fällt, und gewöhnlich mit der Axe derjenigen Cylinderfläche übereinstimmt, nach welcher der hintere Theil der Wendesäule abgerundet ist. Bei ältern Schleusen findet man zuweilen noch auffallende Abweichungen hiervon. So liegen in den Schleusen des Kanals von Orleans die Drehungsaxen zwar in der Mittellinien der Thore, aber hinter den Wendesäulen, und bestehen aus starken gekrüppelten Eisenstangen, die unten in Pfannen stehen und oben durch Öffnungen in den Ankern gezogen sind.

Bei der jetzt allgewein üblichen Befestigungsart der Thore befindet sich der untere Zapfen, um welchen die Drehung erfolgt, und der das ganze Thor trägt, luthrecht unter der Wendesäule.

in Bezug auf Sicherheit der Unterstützung jedenfalls angemessen ist. Man pflegte früher die Wendesäule mit einem abwärts gekehrten Zapfen zu versehn, und die Pfanne, worin dieselbe stand, war im Thorkammerboden neben der Wendenscheibe befestigt, und zwar so, dass ihre Oeffnung nach oben gekehrt war. Anfangs dieses Jahrhunderts wurde man indessen besorgt, bei solcher Anordnung leicht Sand in die Pfanne fallen, und durch letztere, sowie auch der Thorzapfen beschädigt werden könnte. Bei den Schleusen des Kanals St. Quentin in Frankreich, und ebenso bei denen des Rochdale-Canals in England, wechselte man daher in jener Zeit die Stellung der Pfanne und des Zapfens, indem man erstere verkehrt oder mit der Oeffnung nach unten an die Wendesäule, und letztere aufwärts gekehrt an den Schleusenboden befestigte. Ob diese Verbesserung nützlich war, und ob wirklich bei der frühern Anordnung häufig Sand hineingefallen ist und nachtheilig gewirkt hat, wird von Ward bezweifelt. Derselbe erwähnt, dass er beim Ausheben von Schleusenthoren, deren Zapfen in festen Pfannen standen, niemals Sand, noch auch Spuren einer starken Abnutzung bemerkt habe. Dieser Zweifel findet auch darin seine Bestätigung, dass man bei Niederländischen Schleusen noch fortwährend gewöhnlich die Pfannen aufrecht gestellt am Boden befestigt. Auch an den Französischen Kriegshäfen ist dasselbe Verfahren allgemein gebräuchlich; selbst bei der neuen Schleuse vor dem Dock für Kriegsschiffe in Cherbourg ist man von dieser Anordnung nicht abgewichen. In England wird dagegen eben sowohl bei Hafen-, als bei Kanalschleusen die Pfanne abwärts gekehrt an die Wendesäule befestigt, was auch bei allen Schleusen in Deutschland und bei den Kanalschleusen in Frankreich gegenwärtig geschieht. Die Befestigungsart beider Theile bleibt indessen, mag man die eine oder die andere wählen, sehr genau dieselbe.

Von grosser Wichtigkeit ist es, dass die Pfanne und der Zapfen aus demselben Metalle bestehn, weil sonst in Folge der Erregung der galvanischen Electricität das umgebende Wasser zerlegt wird, und dasjenige Metall, welches in dieser Verbindung positiv ist, stark zu rosten anfängt. Man ist heut zu Tage diesem Umstand sehr aufmerksam geworden, und erlaubt sich keine Abweichung von der eben angegebenen Regel. Es kommt

dabei aber nicht allein auf die beiden benannten Theile an, denn diese dürfen auch wieder kein verschiedenes Metall berühren. Es ist daher nicht zulässig, eine Pfanne oder einen Zapfen aus Glockenmetall in einen gusseisernen Block zu stellen. Weniger rechtfertigt es sich aber, wie Eytelwein empfiehlt, die Pfanne von Glockenmetall am untern Ende der Wendesäule befestigen (die also stets unter Wasser bleibt), und diese auf einen Zapfen zu stellen. Dem letzten Vorschlage liegt Absicht zum Grunde, die Reibung möglichst zu vermindern. Ein Vortheil in der Anwendung der benannten beiden Metalle ist, wenn er überhaupt vorhanden ist, höchst unbedeutend, und die Reibung an dem untern Zapfen, wenn derselbe passend bearbeitet und richtig eingestellt ist, dürfte immer so geringfügig seyn, dass dadurch die Bewegung des Thores wohl nie merklich erschwert wird.

In den Niederländischen Schleusen besteht sowohl der Zapfen, wie die Pfanne aus Glockenmetall, und letztere ist in einer hölzernen Pfannenträger, oder bei massivem Boden in ein Bodenstück versetzt; sie berührt daher kein anderes Metall. In England nimmt man dagegen sowohl bei grossen, als kleinen Schleusen zu Pfannen und Zapfen Gusseisen. Bei gusseisernen Thoren ist dieses schon durch die obige Regel geboten. Die Erfahrung aber gezeiget, dass dieses auch in andrer Beziehung zweckmässig ist, denn man bemerkt selbst nach längerem Gebrauche keine Abnutzung, vielmehr nehmen die sich berührenden Flächen bald eine sehr feine Politur an, wodurch die Bewegung noch mehr erleichtert wird.

Die Pfanne und der Zapfen müssen so befestigt werden, dass sie sich nur gegeneinander drehen, dass aber nicht eines gegen das andre selbst, indem es sich vielleicht gegen das andre klemmt, in der Wendesäule, oder dem Bodenstücke drehen kann. Man befestigt sich daher gewöhnlich nicht, der Pfanne im Aeussern eine Form eines regelmässigen Sechsecks zu geben, und sie in eine entsprechende Vertiefung im Fusse der Wendesäule schieben. Sobald sie sich in das Holz tiefer eindrückt, nimmt sie leicht eine schräge Stellung an, klemmt sich gegen den Zapfen und dreht sich bei der Bewegung des Thores wohl selbst in der Wendesäule, die sie alsdann nach und nach ausbohrt, und so

immer tiefer eindringt, vielleicht sogar die Säule spaltet. Man vermeidet dieses schon, indem man die Pfanne zur Seite mit verschiedenen Rippen oder auch mit weit vortretenden Lappen versehen. Dieses ist die Befestigungsart, wie Eytelwein empfiehlt. Derselbe ist aber keineswegs als besonders zweckmässig anzusehen, indem eines Theils der Druck des Thores nicht auf die ganze Grundfläche der Wendesäule vertheilt, also ein Eindringen der Pfanne leicht möglich ist, wobei die vortretenden Rippen oder Lappen biegen, oder auch wohl abbrechen können: andererseits lassen die Lappen eben so wie die Pfanne selbst, wenn sie nur das Hirnholz treffen, sich daran auch nicht gehörig befestigen.

Weit zweckmässiger ist es demnach, einen vollständigen metallnen Schuh mit aufwärts gekehrtem Rande anzuwenden, worin die ganze Wendesäule steht. In diesem Falle ist der Druck über die ganze Stirnfläche derselben gleichmässig vertheilt, und ein ungleiches Eindringen, wodurch die Pfanne oder der Zapfen eine schiefe Stellung annehmen würde, bei sorgfältiger Bearbeitung der Säule nicht mehr möglich. Ferner presst der obere Rand des Schubes die Holzfasern zusammen und verhindert das Aufspalten der Säule, und endlich kann man mittelst dieses Randes, wenn derselbe an sich hoch genug ist, oder einzelne Theile desselben sich um einige Zolle verlängern, auch mittelst Nägeln oder Schraubenbolzen den Schuh sicher an die Säule befestigen. Diese Nägel oder Bolzen müssen aber aus demselben Metalle, wie der Schuh, bestehn. Demnächst ist hierbei auch noch die Vorsicht zu beachten, dass der Schuh seitwärts nicht vor die Wendesäule vortreten darf; sein Rand muss vielmehr sorgfältig in die Säule eingelassen sein, so dass er sich der cylindrischen Fläche derselben genau anschliesst. Entgegengesetzten Falles würde er entweder die Bewegung des Thores in der Wendenische, oder den wasserdichten Schluss desselben verhindern, auch das Ausheben des Thores sehr erschweren.

Bei der eben beschriebenen Construction ist es ganz gleichgültig, ob der Schuh mit der Pfanne, oder mit dem Zapfen verbunden ist. Eine Verbindung mit dem Zapfen zeigt Fig. 316 a und b, wie solche bei Niederländischen Schleusen üblich ist. Der Zapfen hat mit der Säule und dem Schuh gleichen Durchmesser,



besteht oben so wie die Pfanne aus Glockenmetall, ist abgedreht und im Innern mit drei Rippen versehen, die in sorgfältig gearbeitete Rinnen im Fusse der Wendesäule eingeschoben sind. Sie erhält keine weitere Befestigung, diese ist aber bei guter Arbeit und wenn er selbst fest aufgetrieben ist, nicht nöthig. In der Fig. 316 a sieht man auch die Pfanne, die im Innern ausgedreht und dem Zapfen so angepasst ist, dass sie sich nur oben ohne Widerstand aufschieben lässt, sonst aber keinen Spielraum zur Seite hat. Im Aeussern ist sie sechseckig geformt, Fig. 316 c und gar achteckig. Sie muss sehr sorgfältig versetzt werden, so dass sie sich nicht dreht. Diese Gefahr ist immer um so grösser, je mehr Seiten das Polygon hat, welches sie im Grundrisse bildet. Es darf aber nicht übersehen werden, dass ein starkes Kleben des Zapfens gegen die Pfanne nur zu besorgen ist, wenn dieser tief in die Erstere eindringt. Dieses findet hier aber nicht statt, woher dann auch selbst die achtseitige Pfanne, wenn gehörig schliessend versetzt und gut eingekittet ist, nicht gelöst und gedreht wird. Bei der neuen Schleuse in Cherbourg dringt der Zapfen etwa auf zwei Drittheile seines Durchmessers in die Pfanne ein, wodurch die oben erwähnte Gefahr viel geringer wird, man hat daher den lichten Durchmesser der Pfanne ungefähr 1 Linie grösser, als den des Zapfens gemacht.

Fig. 317 zeigt einen Schuh, der mit der Pfanne verbunden ist. Derselbe besteht aus Gusseisen und stimmt mit den in den Französischen Häfen üblichen überein. Er umfasst nicht nur den cylindrischen, sondern auch den rechtwinkligen Theil der Wendesäule. Ueber der Pfanne, die nach einer Halbkugel gedreht ist, befindet sich eine Verstärkung der Bodenplatte, die sich als niedriger Cylinder in das Innere des Schuhes einfügt. Für letztern muss gleichfalls die entsprechende Oeffnung schliessend im Fusse der Wendesäule ausgearbeitet sein, so dass der Druck auf alle Theile möglichst gleichmässig vertheilt wird. An zwei gegenüberstehenden Stellen tritt der den Schuh verbindende Rand höher herauf und ist daselbst mit Löchern versehen, durch welche ein Schraubenbolzen gezogen wird, der den Schuh mit der Säule verbindet. An derjenigen Seite, welche sich die Schlagschwelle lehnt, muss dieser Bolzen aber mit versenkten Köpfen versehen sein.



Der Zapfen ist an die Bodenplatte angegossen und gleich-Angelförmig, jedoch nach einem etwas kleineren Krümmungsmesser abgedreht, wodurch einiger Spielraum entsteht.

Bei den grossen Englischen Schleusen für Seeschiffe findet zwar dieselbe Anordnung statt, doch greift der gusseiserne bei hölzernen Thoren zuweilen nicht nur unter die Wendesäule, sondern auch unter den untern Rahm, wie Fig. 309 a und b.

Die Verstärkung in der Pfanne findet dabei nicht auf der obern, sondern der untern Seite statt. Bei gusseisernen Thoren findet dagegen der Schuh eine sehr sichere Befestigung in der Höhlung der Wendesäule. Die von Telford am Caledonischen Kanal gewählte Anordnung, die Fig. 308 b im Durchschnitte zeigt, ist auch in später ausgeführten Schleusenthoren beibehalten. Die Säule ergänzt sich nämlich unter dem untersten Riegel zum Cylinder, und hierin ist die Pfanne eingeschoben. Da-

bei dieser aber nicht zu weit hineindringen, und überall gehörige Unterstützung finden, setzt sich in der Höhe des Bodens, der die Oeffnung der cylindrischen Oeffnung schliesst, ein vortretender Rand ab, der die übrigen Theile der Höhlung fort, und gegen beide lehnt sich die Pfanne. Es ergibt sich, dass diese Art der Befestigung, bei der untere Theil der Säule, sowie auch die Pfanne in den abweichenden Flächen abgedreht sind, einen sehr sichern und festen Schluss darstellen. Ein dennoch mögliches Drehen der Pfanne ist aber leicht zu vermeiden, wenn entsprechende Nuthen eingebracht sind, in welche man Schlusskeile treibt.

Die gusseisernen Zapfen an den Schleusen des Caledonischen Kanals, etwa 8 Zoll stark und 10 Zoll hoch, sind an zwei Bodenplatten angegossen und cylindrisch abgedreht, deren oberer Theil bildet jedesmal eine Halbkugel. Die erwähnten Zapfen sind 4½ Fuss lang, 1½ Fuss breit und 3 Zoll stark. Sie sind mit vier Schraubenbolzen, die vorher in die Steine versetzt und mit Blei vergossen waren, befestigt. In der Schleuse zu Glasgow, von der bereits oben die Rede war, greifen Zapfen von 10 Zoll Durchmesser in die gleichfalls in die Wendesäule eingesetzten Pfannen. Auch diese Zapfen sind an Bodenplatten befestigt, die neben den Zapfen etwas verstärkt, im übrigen Theile aber nur 2 Zoll dick sind. Ihre Länge misst 4½ Fuss, ihre Breite 1½ Fuss. Nachdem das Lager für sie vorherge-

tot und die Schraubenbolzen in den Bodensteinen befestigt, breitete man eine starke Filzdecke darüber, um ein ungleiches Aufliegen der Platte und sonach ein Brechen derselben zu verhindern. Die Platte wurde hierauf eingesetzt, und die Schraubenmuttern soweit angezogen waren, dass eine starke Compression des Filzes bereits bewirkten, wurde die Platte, indem die Bolzenlöcher reichlichen Spielraum liessen, durch genau eingerichtet. Dann erst wurden die Schrauben festgezogen, und die Fuge rings um die Platte mit Blei ver-

Bei diesem Vergiessen mit Blei sowohl der Bodenplatte als auch der zu ihrer Befestigung dienenden Bolzen muss man an eine Schwierigkeit erinnert werden, die oft sehr stark ist. Wenn nämlich die Steine nass sind, wie dieses gewöhnlich bei Schleusenboden der Fall ist, so wird das geschmolzene Blei durch den Wasserdampf, der sich beim Eingiessen desselben entweicht, zum Theil herausgespritzt, und dadurch sowohl die Arbeit erschwert, als auch die damit beschäftigten Arbeiter leicht verletzt. Der Uebelstand lässt sich vermeiden, wenn man die Steine mit Oel befeuchtet. Hierdurch wird nämlich das plötzliche Entweichen des Wassers verhindert.

In den kleineren Englischen Kanalschleusen pflegt man gusseiserne Platten, in denen eine mässige Höhlung zur Aufnahme des Zapfens sich befindet, gegen die Wendesäule zu nageln. Fig. 312 a angedeutet ist. Eben weil der Zapfen nur wenig greift, verschwindet auch jede Besorgniss, dass die Platte von der Wendesäule lösen möchte: daher genügt in diesem Falle das Annageln gegen das Hirnholz.

Die beiden in Fig. 316 und 317 dargestellten Formen von Zapfen unterscheiden sich noch darin von einander, dass bei der ersten die rührenden Kugelflächen im ersten Falle die convexen Seiten gegen einander kehren, im zweiten dagegen die convexe Seite der kleineren Kugel in der concaven der grösseren ruht, der Uebelstand, ob die Pfanne auf dem Zapfen liegt, oder umgekehrt, ist in dieser Beziehung ganz gleichgültig, und die Wahl der Art der Verbindung wird hierdurch keineswegs bedingt. Die letztere Verbindung, wonach die Höhlung der Pfanne eine Kugelfläche und nicht mit cylindrischen Seitenwänden versehen ist, gewährt zwar den Vortheil, dass das Einsetzen des Tho-

des Spielraumes zur Seite erleichtert wird, aber man darf bemerken, dass das Thor sich nicht so scharf einstellt, wie bei der Einringung der cylindrischen Wände, die den Zapfen genau umfassen. In Frankreich ändert man zuweilen, und zwar bei neuen Schleusen, die in Fig. 316 dargestellte Form noch insoweit ab, dass man die Seitenwände des Zapfens und die der Pfanne, schwach konisch abdreht. Dadurch wird allerdings das Einsetzen erleichtert, aber man muss jedenfalls bei dieser Einrichtung einen bedeutenden Spielraum zwischen der Pfanne und dem Zapfen lassen, oder die beiden kugelförmigen Endflächen müssen sich viel früher, als die der kugelförmigen Seitenflächen berühren, weil diese, wenn sie sich mit dem Drucke des ganzen Thores scharf in einander schieben sollten, so stark gegen einander reiben würden, dass die Drehung sehr erschwert, auch wohl unmöglich werden könnte. Hiernach scheint diese Form keineswegs empfehlungswerth, und die beiden ersteren verdienen den Vorzug. Es muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Einsetzen eines cylindrischen, genau schliessenden Zapfens nur möglich ist, wenn derselbe schon vorher in solche Stellung gebracht ist, dass die Axen beider zusammenfallen, und in derselben Richtung vorgeschoben wird.

Beim Ausheben und Einhängen der Schleusenthore kommt wegen der geringen Tiefe der Pfanne freilich auf eine ganz besondere Beachtung dieser Regel nicht an, aber ein starkes Uebergehen des Thores muss dabei doch vermieden werden, und man muss daher, wenn der cylindrische Zapfen gewählt wird, die obere Befestigung des Thores so anordnen, dass dasselbe senkrecht stehen werden kann. Wenn dieses geschieht, so dürfte die cylindrische Form für den Zapfen und zwar mit genau schliessender Pfanne die zweckmässigste Wahl sein.

Dabei entsteht noch die Frage, ob die Berührung in Kugelflächen wirklich von Nutzen ist. Die Zapfen-Reibung ist allerdings wie bekannt, in hohem Maasse von der Ausdehnung der Berührungsfläche abhängig, und man vermindert sie durch Verkleinerung der letztern. Man darf indessen nicht glauben, dass Benutzung der Kugelflächen die Berührung auf einen einzelnen Punkt beschränken, und dadurch die Reibung ganz aufheben können. Schon die Schärfe der Bearbeitung hat ihre Grenze,

und macht es daher unmöglich, diese Absicht vollständig zu erreichen. Ausserdem aber ist die Festigkeit gegen das Zerbrechen (die rückwirkende Festigkeit) bei keinem Körper unendlich. Ein mathematischer Punkt kann also als Scheitel der Kugel nichts, und gewiss nicht das grosse Gewicht des Schleusenbalkens tragen. Die beiden Kugelflächen drücken sich demnach gegenseitig so weit ein, bis eine Berührungsfläche entsteht, die hinreichend gross ist, um dem Drucke den nöthigen Widerstand zu leisten. Dasselbe würde auch erreicht und zwar wahrscheinlich in der vollkommeneren Vollkommenheit, wenn man die Kugelfläche gleich einer ebenen Bearbeitung durch eine Ebene, die senkrecht gegen die Achse der Schleuse gerichtet wäre, abgeschnitten hätte. Es bliebe alsdann auch keine Veranlassung, die tragenden Theile noch in Kugelflächen zu drehen. Man konnte freilich nicht den Durchmesser der Berührungsfläche auf den der Zapfen in diesem Falle nicht die nöthige Steiligkeit behalten, aber eine flachkegelförmige Fläche, die viel leichter als eine Kugelfläche darzustellen ist, könnte ohne Nachtheil die horizontale Berührungsfläche mit der cylindrischen Seitenfläche des Zapfens verbinden. Dieselbe Form wäre auch der Höhlung der Pfanne gegeben, jedoch in der Weise, dass die Kegelflächen sich voneinander entfernen und sich daher nicht berühren. Bei dieser Anordnung würde die Wendesäule genau in derselben Höhe, in der die Berührung des Zapfens und der Pfanne bedingt, sich erhalten. Die Senkung derselben bei der gewöhnlichen Anwendung ist zwar keineswegs bedenklich, insofern sie gewiss in sehr mässigen Grenzen bleibt, aber andererseits ist die deutliche Beseitigung dieser Senkung noch weniger in irgend einer Beziehung nachtheilig, und gewährt sogar den Vortheil, das Abdrehen der Pfanne und des Zapfens erleichtert wird.

In einzelnen Fällen hat man die Vorsicht zur Darstellung möglichst kleiner Berührungsflächen noch weiter getrieben. Es ist mir bekannt geworden, dass in einer vor wenig Jahren erbauten Schleuse feine Stahldrähtchen in die ausgebohrten Löcher der Zapfen und Pfannen eingesetzt wurden, welche das Gewicht der Thore tragen sollten. Auch in einer vor Kurzem erbauten grossen Dockschleuse in England hat man eine Kugel, von etwa 3 Zoll Durchmesser in der Oberfläche der



zum Theil versenkt, damit die Pfanne in der Berührung oben möglichst geringe Reibung erfahre. Es leidet wohl kein Zweifel, dass durch dergleichen Künsteleien nur die Abnutzung Pfannen und Zapfen befördert werden kann, sie also weit mehr schaden, als nützen.

Vor dem Einsetzen der Thore pflegt man die Pfannen mit Oel zu versehen, indem man sie mit Seife stark ausstreicht. Fallend ist die von Minard angeführte Thatsache, dass diese in gut schliessenden Pfannen sich sehr lange Zeit hindurch hält, so dass man bei der Reparatur alter Thore, wenn dieselben ausgehoben werden, oft noch die beim Einsetzen eingestrichene Seife vorfindet. Ja, Minard erwähnt, dass in zwei Fällen, wo man die Pfannen recht reichlich mit Seife angefüllt hatte, die Thore wieder ausgehoben werden mussten, um die Pfannen zu reinigen. Die Thore sanken nämlich nicht so tief herab, dass die Hähänder daran befestigt werden konnten.

Was das Halsband oder die Befestigung des Thores am dem Theile der Wendesäule betrifft, so muss dasselbe zunächst so angebracht werden, dass es die Drehung des Thores vor der Thurnische bis an die Schlagschwelle gestattet. Demnächst muss es auch hinreichend stark und zugleich fest genug verankert sein, um den horizontalen Pressungen und Stößen Widerstand leisten zu können. Wenn der Schwerpunkt des Thores entweder durch die Rolle oder das Gegengewicht am Drehbaume, oder auf andre Art vollständig unterstützt wäre, so würde das Halsband wenig Anspruch genommen, und würde vorzugsweise nur bei der Drehung des Thores als Stütze dienen. Es erleidet jedoch Gefahr von dem Thore, sobald der Stau vor demselben aufhört, einen starken Seitendruck, und zwar eben sowohl wenn das Thor in der Nähe der Schlagschwelle, als wenn es in der Thurnische steht. Es genügt also nicht, das Halsband nur in einer Richtung zu verankern, vielmehr muss die Verankerung so angebracht sein, dass sie bei jeder Stellung des Thores wirksam ist.

Der horizontale Druck, den das Thor gegen das Halsband ausübt, ist in jedem speciellen Falle leicht zu berechnen, wenn man das ganze Thor als einen Hebel betrachtet, dessen Drehungs-Axe in der Pfanne liegt, worin der untere Zapfen eintritt. Man wird sich überzeugen, dass bei grossen und schne-



ren Thoren dieser Druck sehr bedeutend ist. Ein eben so großer horizontaler Druck trifft auch die Pflanne und den unteren Pfosten in entgegen gesetzter Richtung. Von letzteren ist aber jenige Theil, der im Schleusenboden befestigt ist, viel leichter zu sichern. Hier verschwindet daher diese Schwierigkeit, die Befestigung des obern Halsbandes zuweilen sehr bedeutend erfordert, und eine sorgfältige Ueberlegung in der Anordnung der Anker erfordert.

Auf welche Weise indessen das Halsband auch angebracht und verankert sein mag: so ist ein geringes Verziehen desselben nie ganz zu vermeiden. Schon die Splinte und die Anker gehen, sobald der starke horizontale Druck eintritt, etwas nach, und so wird auch schon die Elasticität des Halsbandes eine gewisse Formveränderung und ein Ausdehnen des Eisens gestatten. Vor allem vollends die Axe in dem Halsbande sich ausschleift, doch auch nicht zu vermeiden ist, so wird das Thor noch mehr überweichen. Hiernach ist es sehr wünschenswerth, das Halsband so einzurichten, dass es nach Bedürfniss später etwas nachgezogen werden kann. Man hat in der That diesen Zweck durch verschiedene Anordnungen zu erreichen gesucht, von denen im Folgenden die Rede sein wird.

Wenn das Thor geschlossen und von der Seite des Wassers einigem Drucke ausgesetzt ist; so muss es wie oben (§. 103) bemerkt worden, sich mit dem Rücken der Wassersäule scharf gegen die Wendenische lehnen, es darf also in diesem Falle keinen Druck auf das Halsband ausüben. Letzteres so wie auch die Verankerung desselben und die Steine, woran die Anker und Splinte sich stützen, werden einer sehr großen Gefahr ausgesetzt, wenn diese Vorsicht nicht streng beachtet wird.

Ferner muss das Halsband so eingerichtet sein, dass es bei vorkommenden Reparaturen das Ausheben des Thores gestattet. Die Thore sind nämlich in der Schleuse diejenigen Theile, die am leichtesten beschädigt werden und daher am häufigsten reparirt werden müssen. Es ist demnach dafür zu sorgen, dass man sie aushängen und wieder einstellen kann, ohne dass man jedesmal die in der Mauer oder den Holzwänden befestigte Verankerung der Halsbänder lösen zu dürfen. Dabei gereicht

noch zu grosser Bequemlichkeit und Schonung der Zapfen Pfannen, so wie auch der Wendenischen, wenn die Thore leicht aus den Pfannen gehoben und eben so in dieselben eingestellt werden können. In England und in den Niederlanden wird diese Bedingung als massgebend betrachtet, während man bei uns fast jedesmal davon absieht, und dadurch begangen wird, das Thor beim Ein- und Aushängen stark überzulenken, hervor es unter dem festen Theile des Halsbandes in die Pfanne eingestellt, oder daraus gehoben werden kann. Will man nämlich bei uns ein Thor aushängen, so lässt man es, nachdem das Halsband geöffnet worden, auf den Fuss der Schlagwelle herabsinken, und dreht es sogar noch weiter, indem der Zapfen aus der Pfanne gehoben wird. In dieser Lage muss es seitwärts bewegt werden, bis es endlich vom festen Theile des Halsbandes frei wird, und nun erst durch die Winden senkrecht gehoben werden kann. Im andern Falle dagegen, wo das Halsband so weit ist, wie der Cylinder, welcher der Krümmung der ganzen Wendensäule entspricht, wird das Thor, während es noch vollständig in der Schleuse befestigt ist, an die Winden hängt, und nachdem letztere angezogen sind, so dass sie das Thor tragen, löst man das Halsband, und hebt darauf sogleich das Thor aus.

Indem nun bei den verschiedenen Einrichtungen des Halsbandes, dasselbe beim Oeffnen selten vollständig beseitigt, sondern nur dahin nur der vordere Theil (der Pfannendeckel) gelöst wird, vergleicht sich schon, dass ein senkrechtes Ausheben und Einsetzen des Thores nur möglich ist, wenn die vom Halsbande umlaufende Axe wenigstens eben so stark, wie die Wendensäule ist, indem man aber eine noch grössere Stärke jedenfalls vermeiden will, so folgt, dass diese Axe denselben Cylinder bilden muss, mit welchem der hintere Theil der Wendensäule abgerundet ist. Da die Drehungsaxe nicht in die Krümmungsaxe fallen (§. 103); so ist das lothrechte Ausheben des Thores in aller Schärfe unmöglich, es wird sich jedoch ohne praktische Schwierigkeit durchführen lassen, insofern diese beiden Axen nur einen Zoll von einander entfernt zu sein pflegen. Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass sowohl in England, wie in den Niederlanden, wo das Halsband jedesmal die

erwähnte Einrichtung erhält, das Versetzen der Drehungs- nicht üblich ist.

Nach dem Vorstehenden stellt sich die Anbringung einer Axen von mässiger Stärke nicht als vorthailhaft dar, wöhnlich tritt dabei auch noch der Uebelstand ein, dass die nicht gehörig befestigt werden können, und bald lose in Vergleichungsweise gegen den untern Zapfen findet in der Festigungsart beider der grosse Unterschied statt, dass unten ganze Gewicht des Thores die Verbindung sichert, dass oben ganz allein der Seitendruck wirksam ist, und sonach Nachgeben oder Lösen der Axen viel leichter erfolgt. Der Uebelstand man, dieser Uebelstände unerachtet, dennoch eiserne wählt, dieselben bei unsern Schleusenthoren sogar ganz allgemein angebracht werden, seitdem Eytelwein sie empfohlen hat, wieder in der Absicht, die Reibung möglichst zu vermindern. Diese Reibung ist aber auch bei den stärkern Axen, wenn Halsband gut schliessend angelegt und gehörig geschmiert, keineswegs erheblich. Die Umstände, welche vorzugsweise Bewegung des Thores erschweren, sind, abgesehen von dem Druck und dem Widerstande, den das Wasser ausübt, in einer ungelungen Aufstellung der Thore und oft genug auch in der Anhäufung Schlammes in der Thorkammer zu suchen.

Zuerst soll hier von den eisernen Axen oder Zapfen, auch von den Halsbändern, von denen dieselben gehalten werden die Rede sein. Bei uns pflegt man diese Axen als Blatt einzurichten. Der vortretende cylindrische Theil ist etwa 6 Zoll lang und 2 Zoll stark, und das Blatt, welches die ganze Breite der Wendesküle zur Breite hat, greift so tief herab, dass es bis unter den Bügel fortsetzt, der die Wendesküle mit dem Rahm verbindet. Das Blatt bildet nach jeder Seite einen Keil, der in der Mitte, wenigstens oben, so stark, wie der Zapfen, den Seiten dagegen nur etwa einen halben Zoll dick ist. In dem mittleren Theil pflegt man nach unten etwas schwächer zu lassen. Um den Blattzapfen einsetzen zu können, verman man den Kopf der Wendesküle mit einem Einschnitte, der in Figuren 302 a und b beworcklich ist, und der so genau dieses geschehn kann, nach der Form des Blattes ausgearbeitet durch eingetriebene flache Keile bemüht man sich gemeinhin

den und vollständigen Schluss darzustellen. Die am obern Ende der Wendesäule eingeschnittene Nuthe, worin der Bügel liegt, die Verbindung mit dem obern Rahm darstellt, wird auch in das Blatt des eisernen Zapfens eingeseilt, und da sie nicht auf dem innern Rand desselben trifft; so tritt auf jeder Seite noch ein Ende des Blattes neben dem Bügel bis zur Oberfläche der Wendesäule vor. Dieser Bügel verhindert also ein Ausheben des Deckels. Da er selbst aber nicht scharf angezogen wird, so kann auch geringe Bewegungen vor diesem nicht verhindern. Die grösste Sicherheit in der Befestigung gewährt der von oben auf den Kopf der Wendesäule scharf aufgetriebene Ring. Das Blatt des Zapfens zur Aufnahme desselben an den Seiten wieder eingeseilt, so dass es sich auch hier der Form des Holzes genau anschliesst, und dem Zapfen pflegt man noch einen Ansatz mit einem Schraubengewinde anzubringen, worauf ein Schirm aus Blech befestigt wird, derselbe bildet ein Dach über der Wendesäule und schützt das Hirnholz gegen den Regen.

In manchen Fällen, wie z. B. in der Schleuse bei Neufähr bei der Mündung des nach Danzig führenden alten Weichselarmes, hat man den eisernen Zapfen nicht allein durch das Blatt, womit er in die Wendesäule greift, sondern ausserdem auch durch eine starke eiserne Schiene, die ihn über dem Halsbande mit einem scharf schliessenden Auge fasst, mit dem Schleusenothore verbunden. Diese Schiene liegt auf dem obern Rahm des Thores, und ist mittelst zweier Schraubenbolzen daran befestigt.

Das Halsband für solche Zapfen ist gemeinhin unmittelbar mit den Ankern verbunden, wie Fig. 318 a zeigt. Das Ausarbeiten eines so grossen Stückes namentlich in dieser zusammengesetzten Form erfordert, wenn es keine schwache Stellen enthalten soll, geübte Arbeiter, auch müssen die Schraubenbolzen, welche zur Befestigung des Deckels dienen, sicher eingesetzt sein. Die beiden äussern Bolzen können freilich auf der Rückseite verbohrt werden, aber bei den innern ist dieses nicht möglich, und daher ihre Befestigung auch nicht leicht. Fig. 318 b zeigt den durch Schrauben befestigten Deckel des Halsbandes von der innern Seite. Das Halsband selbst ist 2 bis 2½ Zoll hoch. Die Bolzen haben Querschnitte von 2 bis 3 Quadratzoll. Jedes derselben wird durch zwei senkrechte Splinte gehalten, und wo  
Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



dieselben eingesetzt sind, ist das Anker in angemessener verankert. Die Länge der Anker beträgt gemeinhin gegen 10 und sie sind in solcher Richtung angebracht, dass sie das Thor in seinen verschiedenen Stellungen unterstützen sich jedoch zu sehr der äussern Seitenfläche der Mauer zu. Um die Splinte möglichst zu befestigen, pflegt man dieselben nur abwärts zu führen, sondern sie auch aufwärts vortreten lassen, und sie hier zu übermauern. Indem aber bei Anordnung der Halsbänder, die Anker schon höher als die liegen, so tritt die Uebermauerung derselben bedeutend über die Höhe hinaus, welche die Mauern der Häupter in Beziehung haben müssen. Um daher die Mauermaasse sehr zu vergrössern, beschränkt man die Ueberhöhung auf diejenigen Stellen, wo die Halsbänder liegen. Es bilden daher hier etwa 2 Fuss hohe massive Aufsätze, die die Passage nicht zu unterbrechen, mit Stufen versehen nennt sie gewöhnlich Postamente.

In einzelnen Fällen hat man bei uns, während der in der eben beschriebenen Weise ausgeführt war, das Halsband so angeordnet, dass dasselbe mittelst Schrauben scharf gezogen werden kann. Indem die hierbei gewählten Einrichtungen wohl nicht als hinreichend fest und gehörig gesichert angesehen werden dürfen, wird es genügen, die wesentlichsten derselben kurz anzudeuten. Bei einer vor etwa fünfzehn Jahren erbauten Schleuse stellte man das Halsband durch eine Platte aus Schmiedeeisen dar, welche grossentheils vor der Mauer und mit einem ausgebohrten Auge versehen ist, in welches Zapfen eingreift. Die beiden Anker setzen sich in Schraubenbolzen fort, und diese sind durch Oeffnungen in jener Platte gezogen und werden durch Schraubenmutter gehalten. Durch Ziehen kann die Platte den Ankern genähert werden, wenn das Halsband schärfer anziehen will. Sobald man aber die Platte vollständig löst, so wird die Platte frei und das Thor ausgehoben werden. Eine andre Einrichtung, die ungefähr derselben Zeit zuerst an der Havel-Schleuse bei Oranienburg Anwendung fand, und später auch bei andern Schleusen vorgekommen ist, besteht darin, dass die Enden der beiden Anker in einer Platte vereinigen, die mit einem weiten Schlitz zum



des Thorzapfens, ausserdem aber an der äussern Seite mit aufwärts gebogenen starken Lappen versehen ist. Auf dieser liegt eine zweite, welche das eigentliche Halsband bildet, in diesem Zwecke durchbohrt ist. Letztere ist nicht weiter geteilt, und lehnt sich nur gegen drei Schrauben, die in jene Lappen eingesetzt sind. Mittelst dieser Schrauben kann die Platte beliebig verstellt werden.

Wenn das Thor mit einem Drehbanne versehen ist; so kann den Zapfen nicht am Kopfe der Wendesäule anbringen, sondern mag man auch in andern Fällen gern die Anker an der Oberfläche der Mauer legen, um eine grössere Sicherheit der Befestigung des Halsbandes zu erreichen. Alsdann muss der Zapfen in der Höhe des obern Rahms, oder noch tiefer gebracht werden, und man hat sich auch hierbei wieder entweder metallener Axen bedient. Dieses war bei den Ältern schon an der Ruhr vielfach geschehn, und dieselbe Einrichtung findet sich auch bei manchen französischen Schleusen vor. Mit nicht unerhebliche Uebelstände dabei eintreten; so mag die Construction ihrer Eigenthümlichkeit wegen hier näher erörtert werden.

Fig. 319 a zeigt die Einrichtung, von der Seite des Thores gesehen, und b die Ansicht der Wendesäule. In der Höhe der Mitte des obern Rahms ist ein horizontaler Einschnitt von der Stärke des Halsbandes in die Wendesäule gemacht, der sich einige Zolle über die Axe fortsetzt. Die Axe, etwa 9 Zoll dick, ist mittelst zweier aufwärts gekehrten andern Einschnitte in den Rücken der Wendesäule aus in dieselbe hineingeschoben. Um sie an ihrer Stelle zu halten, sind jene Einschnitte durch bearbeitete Holzstücke ausgefüllt, und damit das obere Halsband nicht etwa herabsinkt und alsdann gegen die Arme des Halsbandes stösst, oder das untere sich zufällig hebt, sind beide Enden mit Backen versehen, die in entsprechende Nuthen in die Wendesäule eingreifen. Zur Befestigung dieser Holzstücke dienen zwei Bügel, die in gewöhnlicher Weise um die Wendesäule herum, und mittelst Schraubenbolzen an den obern Rahm befestigt sind.

Die punktirten Linien in Fig. a deuten die Axe und die erwähnten Holzstücke an, die Querschnitte der letztern mit Backen sind in b sichtbar. Das Halsband besteht nur in

einem starken eisernen Ringe, der mit den beiden Ankern verbunden ist. Will man das Thor ausheben, so löst man die Bolzen, welche die Bügel halten, und wenn man das Thor alsdann von der Schlagsäule überkanten lässt, so zieht das Halsband von selbst die Axe, die beiden Klötze und die beiden Bügel heraus.

Dass die Axe bei dieser Einrichtung nicht besonders genau eingesetzt werden kann, und noch weniger eine feste Stellung behalten wird, wenn sie diese auch ursprünglich haben sollte, darf kaum erwähnt werden. Der grösste Uebelstand liegt aber darin, dass die Wendesäule an dieser Stelle tief eingeschnitten, also in hohem Grade geschwächt wird.

Endlich mag noch eine andre eigenthümliche Stellung eisernen Zapfen erwähnt werden, die bei der Schleuse im Hafen St. Maur in der Nähe von Paris gewählt ist. Die Wendesäulen haben daselbst ähnliche horizontale Einschnitte bis über die Pfanne hinaus, doch sind sie bedeutend breiter, als eben angegeben. In diese Einschnitte greifen die Zapfen von oben herab, berühren jedoch nicht die untern Flächen der Einschnitte. Diese Zapfen bestehen aus Gusseisen und sind an Schuhe angegossen, welche die Köpfe der Wendesäulen umfassen, und durch verschiedene Verankerungen an die Säule und den obern Rahm befestigt sind. Um die Thore auszuheben, darf man kein Halsband öffnen, oder sonst irgend eine Verbindung lösen. Es genügt dazu, das Thor senkrecht aufzuwinden, wodurch gleichzeitig der untere Zapfen aus der Pfanne gehoben, und der obere vom Halsbande frei wird. Alsdann muss aber noch eine geringe horizontale Bewegung des Thores erfolgen, damit das Halsband aus dem Einschnitte der Wendesäule tritt. Die Schwächung der letztern ist auch hier sehr bedenklich.

Die andere Methode, wonach man am obern Theile des Thores keinen Zapfen einsetzt, vielmehr die Wendesäule selbst, entweder am Kopfe, oder in der Nähe desselben in ihrer vollen Breite cylindrisch bearbeitet und sie unmittelbar mit dem Halsbande umfasst, gewährt den grossen Vortheil der unübertrefflichsten Festigkeit und sonach auch der dauernden genauen Stellung der Drehungsaxe. Ausserdem ist, wie bereits erwähnt, Aus- und Einsetzen der Thore dabei sehr erleichtert und die Gefahr einer Beschädigung der Pfanne und andrer Theile

ause beseitigt. Man hat daher in England und Holland so-  
 m die grössern, als die kleinern Schleusenthore jedesmal in  
 ar Weise behandelt, und in den Französischen Seehäfen ist  
 ichfalls diese Einrichtung noch jetzt üblich. Ein Versetzen der  
 ungsaxe gegen die Axe der Krümmung der Wendesäule dürfte  
 h hierbei keineswegs ganz unthunlich sein, da der Abstand  
 ar sehr geringe ist; bei den bezeichneten Schleusen kommt  
 albe jedoch nicht vor, wahrscheinlich weil der dadurch erreichte  
 heil für zu geringe erachtet wird.

Bei eisernen Schleusenthoren wird die Drehungsaxe jedesmal  
 mittelbar durch den Kopf der Wendesäule gebildet, bei hölzernen  
 dagegen, um einer schnellen Abnutzung vorzubeugen, der  
 überdeckt oder bekleidet werden. In den Niederlanden  
 nicht dieses, namentlich bei grossen Thoren in der Art, dass  
 einen cylindrisch abgedrehten Ring über den Kopf der Wende-  
 le zieht und denselben durch eingetriebene Keile befestigt.  
 Ring hat, um das Drehen zu verhindern, an der innern Seite  
 Rippen, genau in gleicher Weise, wie der untere Zapfen,  
 Fig. 316 b dargestellt ist. Der Ring schliesst sich übrigens  
 die Krümmung der Wendesäule an, beide haben gleichen  
 chmesser. Der Kopf der Wendesäule wird demnach um die  
 ke des Ringes im ganzen Umfange geschwächt, auch die  
 men zur Aufnahme der Rippen werden sorgfältig eingeschnitten.

Indem der Druck des Thores, so lange dasselbe im Hals-  
 le hängt, stets nach einer Richtung, nämlich nach der Schlag-  
 le gekehrt ist, so wird der Hals der Wendesäule an dieser  
 le besonders leiden, und es genügt sogar, ihn hier zu schützen.  
 es geschieht, indem man entweder einen halben Ring anbringt,  
 Fig. 323 zeigt, oder einige eiserne Schienen lothrecht an  
 der Seite in den Hals einlässt und daran befestigt. Eine sorg-  
 tige Bearbeitung dieser Schienen, und zwar nach deren Be-  
 tigung, ist aber nothwendig, damit ihre äussern Flächen genau  
 der cylindrischen Oberfläche der Säule zusammenfallen, und  
 sich weder im Halsbände klemmen, noch auch in Folge der  
 einheit und Rauhigkeit ihrer Oberfläche sie letzteres angreifen.  
 m Oeffnen und Schliessen des Thores werden indessen auch  
 lere Theile des Halses mit dem Halsbände in Berührung ge-  
 cht und oft einem starken Drucke ausgesetzt. Daher begnügt

man sich gemeinhin nicht damit, diese Schienen an der, Schlagsäule zugekehrten Seite anzubringen, befestigt solche mehr wenigstens im halben Umfange des Halses, oft auch um denselben.

Das um die Wendesäule greifende Halsband besteht bei den Holländischen und eben so auch bei den grössern Französischen Schleusen gemeinhin aus einem vollen Ringe, aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Zur Verbindung der beiden Hälften dienen zwei diametral einander gegenüberstehende Charniere, von denen das eine durch einen losen Bolzen geschlossen wird. Sobald man diesen herauszieht, lässt sich die vordere Hälfte des Halsbandes um das andre Charnier zurückschlagen, und die Wendesäule wird frei. Zuweilen fehlt der hintere Theil des Halsbandes ganz, indem die vordere Hälfte desselben unmittelbar die oben beschriebene Art mit den Anker verbunden ist. Bei den Holländischen Schleusen sind die Anker zuweilen auch so gekrümmt, dass sie selbst die hintere Hälfte des Halsbandes bilden. Die Verschiedenartigkeit dieser Anordnungen wird um so größer, als auch die Anker in mehrfacher Weise mit den Halsbändern selbst, oder mit den daran befindlichen Ansätzen verbunden werden können. Im Folgenden sollen die wichtigsten dieser Verbindungen an einzelnen Beispielen bezeichnet werden, doch einige allgemeine Bemerkungen über diese Halsbänder und Anker vorausschicken.

Die Halsbänder dieser Art sind bei kleineren Kanalschleusen  $\frac{1}{2}$  bis 1 Zoll stark und 3 bis 4 Zoll hoch, bei grossen Schleusen dagegen messen sie in der Dicke bis 3 Zoll und in der Höhe bis 10 Zoll. Die Charniere werden dadurch gebildet, dass cylindrische Verbreitungen an den Enden angebracht und zur Aufnahme der Verbindungsbolzen durchbohrt sind. Wie bei andern Charnieren sind auch hier abwechselnd Einschnitte eingefügt, dass beide Theile in einander greifen. Bei kleineren Schleusen wird gewöhnlich ein Lappen der einen Hälfte von zwei Lappen der andern umfasst und durch den Bolzen verbunden. Bei den höhern Halsbändern greifen dagegen zwei Lappen des einen Theiles in den andern, oder die Anzahl derselben ist auch grösser. Um die Bänder in der Verbindung nicht zu sehr zu schwächen, geht man ihnen hier in der Regel eine grössere Breite



Die Bolzen müssen hinreichend stark sein. Das Fehlen der vordern Hälfte des Halsbandes ist übrigens ohne Nachtheil, weil das Thor in der Regel sich doch nicht dagegen lehnt, und wenn zufälliger Weise zurückgestossen werden sollte, so würde es an der Wendische schon eine sichere Unterstützung finden.

Die Anker, welche in den Holländischen und Französischen Schleusen aus Schmiedeeisen bestehen, sind bei kleineren Thoren bis  $2\frac{1}{2}$  Zoll hoch und breit, bei grössern dagegen bis 4 Zoll. Die Länge beträgt im ersten Falle 4 bis 6 Fuss, im letzten dagegen bis 20 Fuss. Dass mehr als ein Anker erforderlich ist, um ein Thor in seinen verschiedenen Stellungen sicher zu unterstützen, ist bereits erwähnt worden. Gemeinhin werden zwei zur Befestigung eines Halsbandes angebracht, in grossen Schleusen zuweilen auch noch ein drittes hinzugefügt.

Zur Befestigung der Anker in der Mauer dienen senkrechte Splinte, die man besonders in grossen Schleusen gemeinhin unter recht feste und schwere Steine stellt, um sie möglichst sicher zu unterstützen. Die Uebermauerung der Anker, wie in den russischen Schleusen, kommt bei Holländischen und Französischen nie vor. Gewöhnlich sind die Anker gar nicht, oder doch nur mit einzelnen dünnen Steinplatten überdeckt. Die Splinte ragen daher meist nur abwärts in die Mauer und treten über den Anker wenig, oder gar nicht vor. Die Anzahl der Splinte an jedem Anker beschränkt sich gemeinhin auf zwei, doch kommen bei grossen Längen auch drei Splinte vor, und kurze Anker werden oft nur durch einen gehalten. An den Stellen, wo die Splinte für die Anker angebracht sind, muss der Anker jedesmal verbreitert oder verstärkt sein, dass er mindestens denselben Querschnitt, wie an den andern Stellen hat.

Zuweilen, und namentlich bei kleinen Schleusenthoren, werden die Anker nebst dem hintern Theile des Halsbandes aus einem Stücke geschmiedet. Indem dieses aber nicht leicht auszuführen ist, dabei auch vielfach die Gefahr eintritt, dass entweder die weissen Stellen, oder diejenigen, welche stark gekröpft sind, nicht die volle Festigkeit des gesunden Eisens behalten; so pflegt diese Verbindung nur ausnahmsweise vorzukommen, und bei grossen schweren Ankern verbietet sie sich von selbst. Gewöhnlich macht man das Halsband mit kürzeren Armen von 2 bis 3 Fuss



Länge, welche in den Richtungen der Anker auslaufen, auf Zahl nach mit diesen übereinstimmen. Die Anker sind an Enden, wo sie mit diesen Armen verbunden werden sollen, gespalten, und eben so wie letztere mit passenden Zahnschnitten versehen. Das Halsband wird bei dieser Einrichtung nicht sicher gehalten, sondern man hat dabei auch noch den Vortheil, dass, nachdem die Anker bereits vollständig befestigt sind, das Halsband mit seinen Armen noch einrichten kann; indem die Zahnschnitte unter sich einigen Spielraum lassen. Wenn das Halsband an der gehörigen Stelle liegt, werden die Arme mit eisernen Keilen gegen die Anker befestigt, und die Fugen an beiden vollends mit Blei ausgegossen. In einzelnen Fällen kann man die Verbindung auch dadurch, dass man eiserne Schraubenbolzen hindurchzieht. Zuweilen unterlässt man dagegen das Ausgießen mit Blei, um das Halsband später noch schärfer anziehen zu können. Dieses geschieht indessen wohl nur bei kleineren Schleusen, weil die beiden gespaltenen Theile des Halsbandes zu leicht verzogen werden könnten.

Fig. 320 zeigt ein Halsband nebst zugehöriger Verankerung an einer Hafenschleuse im Havre. Ersteres ist mit drei Armen versehen, welche von eben soviel Ankern umfasst werden. Die Verbindung ist mittelst Zahnschnitten dargestellt. Das Halsband besteht jedesmal aus fünf Lappen, die in einander greifen und durch einen Bolzen verbunden sind.

In Fig. 321 ist dagegen die Verbindung eines Ankers mit einem Arme des Halsbandes der Schleuse im Kanale St. Pierre angedeutet. Die Zahnschnitte sind hier in rechtwinklige Einschnitte verwandelt, und die entsprechenden Einschnitte in den Armen der Anker sind so verlängert, dass hinreichender Spielraum für das Nachtreiben der Keile bleibt. Diese Keile sind in der Figur durch die dunklere Farbe bezeichnet.

Bei kleineren Schleusen giebt man jedem Halsbande nur einen, jedoch recht starken Arm, und an diesen sind die beiden Seiten auslaufenden Anker mit Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 322 zeigt. Die oben erwähnte Anordnung, die den hinteren Theil des Halsbandes ganz fehlt, und die vorderen Theile desselben unmittelbar an den Ankern befestigt wird, stellt Fig. 323 dar. Die Befestigung ist dieselbe, als wenn das Halsband

mäßig wäre, sie ist nämlich wieder durch Charniere dargestellt. In dieser Figur bemerkt man auch einen in den Hals der Wendekäule eingelassenen halben Ring, der das Holz gegen Beschädigungen durch das Halsband schützt.

Fig. 324 zeigt endlich eine Verbindung, die in Holland nicht selten ist und bei den sogenannten Fächer-Thoren gewöhnlich vorkommt. Der hintere Theil der Pflanne ist nämlich aus zwei einander getrennten Quadranten zusammengesetzt, deren jeder sich die Verlängerung eines Ankers gebildet ist. Hierbei kommt freilich starke Kröpfungen im Eisen vor, dagegen ist das Breissen ganz vermieden. Beide Anker sind in der Nähe des Halsbandes, wo sie zusammentreten, durch eine aufgesetzte, und mit einem Stoß vergossene starke Klammer mit einander verbunden, um sie recht fest zusammenzutreiben, sind noch zu beiden Seiten in die Klammer eiserne Keile eingesetzt. Die vordere Hälfte des Halsbandes ist in gewöhnlicher Art mittelst Charnieren befestigt. In England sind die Halsbänder der Thore und ebenso auch die Anker bei grössern und bei kleinern Schleusen sehr übereinstimmend unter sich, und von den bisher beschriebenen deutlich abweichend eingerichtet. Das Halsband besteht jedesmal aus einem einfachen Bügel, der den Hals der Wendekäule umfaßt. Seine Arme verlängern sich rückwärts, greifen durch den vorstehenden Rand des Ankers hindurch und sind hinter demselben festgekeilt. Das Anker besteht aber jedesmal aus Gussstücken. Es bildet bald eine einfache Platte, bald zwei, auch wohl drei Arme, die dann aber gemeinhin mehrfach unter sich verbunden sind, so dass man das Anker auch in diesem Falle als eine Platte, die jedoch vielfache Oeffnungen hat, ansehen kann. In andern Fällen sind die Arme des Ankers aber auch nicht untereinander verbunden. Jedenfalls hat das Anker in der Nähe der Wendekäule den aufwärts gerichteten Rand, und wie die Form der Verbindung auch sein mag, so sind die hintern Enden der Arme immer abwärts gekehrt, so dass sie in die Steine eingreifen und darin vergossen werden. In seltenen Fällen, und namentlich bei grossen Schleusen, sind besondere Bolzen in die Steine gesetzt und darin vergossen, über welche die Anker mittelst Haken greifen, auch wohl durch aufgesetzte Muttern daran festgehalten sind.

Die Stärke dieser Halsbänder stimmt mit den obigen Angaben ziemlich überein, die Anker werden dagegen, insofern sie aus Gusseisen bestehen, viel schwerer gehalten. Bei grossen Schiffsschleusen sieht man oft Ankerarme, die 3 bis  $3\frac{1}{2}$  Zoll breit und hoch, und dabei bis 10 Fuss lang sind. Bei kleineren Kanalschleusen haben die Arme auch mindestens einen Querschnitt von 4 Quadratzoll, und wenn statt zweier Arme eine volle Platte gewählt ist, so beträgt die Dicke derselben nie unter 2 Zoll. Die Länge der Anker bei kleinen Schleusen beschränkt sich gewöhnlich auf 2 Fuss, doch ist sie gemeinhin etwas grösser. Der vortretende Rand, durch welchen die Enden des Bügels gezogen sind, ist gewöhnlich bedeutend stärker, als die Arme des Ankers, oder die Platte; in vielen Fällen bemerkte ich, dass er genau so breit als hoch war. Selbst bei grossen Schleusen wird dieses Verhältniss gewöhnlich beobachtet.

Im Allgemeinen greifen diese Anker nicht so weit in das Mauerwerk ein, wie sonst üblich ist, doch fassen sie selbst in kleineren Schleusen die zweite Steinreihe, und man wendet mit Vorsicht an, sie mit recht grossen Steinen zu verbinden. Fast jedesmal sind diese Steine aber wieder mit den nächsten durch eingesetzte Dübel oder eiserne Klammern verbunden, und hierdurch wird bei den festen Steinen und dem guten Mörtel eine genügende Sicherheit erreicht. Die Anker sind aber nicht nur durch die an den Enden der Arme befindlichen, abwärts gekohrten Zapfen, die häufig schwalbenschwanzförmig geformt sind, mit den Steinen verbunden, vielmehr sind sie in ihrer ganzen Ausdehnung in sorgfältig ausgearbeitete Rinnen oder sonstige entsprechende Vertiefungen versenkt, und die Fugen umher sind jedesmal mit Blei vergossen. Nur der vordere aufwärts gekehrte Rand ragt über die Oberfläche der Mauer heraus, so dass das Halsband mit den Keilen frei ist, und letztere nach Bedürfniss angetrieben oder nachgelassen werden können.

Fig. 325 zeigt das Halsband nebst Anker einer kleinen Englischen Kanalschleuse, wie solches sehr häufig vorkommt. Die beiden Arme des Bügels oder Halsbandes werden gemeinschaftlich durch zwei Schlusskeile, die gegeneinander getrieben sind, gehalten. In Fig. 326 sind die Anker in den Schleusen des London-Canals dargestellt. Indem die Thore eine Öffnung

Fuss schliessen, mussten sie mehr gesichert werden. Die Länge des Ankers beträgt 4 Fuss, und dasselbe besteht aus drei einander verbundenen Armen. Letztere sind an den Enden auf beiden Seiten gekehrt und bilden hier jedesmal kleine Platten, die einige Zolle tiefer in die Steine greifen. Die Arme des Halsbandes greifen durch den vortretenden Rand, und jeder wird einzeln durch zwei gegeneinander getriebene Keile gehalten. Hiervon abweichend ist die Verankerung in den Schleusen des Rochdale-Kanals. Die volle Ankerplatte lehnt sich nämlich gegen zwei in die Steine versetzte Bolzen und wird überdiess durch Schraubenmuttern gehalten. In ähnlicher Weise sind bei dieser Schleuse auch die Arme des Halsbandes an den hintern Enden cylindrisch gearbeitet und mit Schraubengewinden versehen, so dass sie gleichfalls durch aufgesetzte Muttern gespannt werden können.

Die Verankerung der Verbindungsschleuse in Hull ergiebt sich aus Fig. 309 c. Sie ist von der bei Kanalschleusen üblichen wesentlich verschieden, nur wird jeder Arm von einem tief in die Mauer eingreifenden Bolzen oder Splint gehalten. Ausserdem ist hierbei noch eine andre Art der Verankerung in Anwendung gebracht, die, wie es scheint, dieser Schleuse eigenthümlich ist. Um nämlich die Thore, besonders wenn sie auf Rollen laufen, leichter beweglich zu erhalten, kommt es besonders darauf an, dass die Seitenmauern mit den Wendenischen und den Halsbändern unverändert ihre Stellung behalten, und nicht etwa überweichen. Um dieses mit voller Sicherheit zu erreichen, hielt Walker es für nöthig, diese Theile selbst zu verankern. Er stellte daher eine hölzerne Platte, die 12 Fuss lang und 9 Fuss hoch ist, der Wendenische gegenüber hinter der Mauer auf. Dieselbe wurde mittelst 24 hölzernen Zugstangen, deren Enden durch Schraubenmuttern befestigt waren, mit den Ankern des Halsbandes und mit kleinen Steinen der Wendenische verbunden. Drei andre eben so starke Zugstangen, die in gleicher Weise die Platte fassten, ran sich rückwärts etwa 50 Fuss weit nach einer Pfahlreihe hin, auf diese Art der Platte, sowie der ganzen Mauer zur festen Unterlage dient. Es wird bemerkt \*), dass die Thore dauernd ihre

\*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. London* Vol. I. pag. 38.

grosse Beweglichkeit beibehalten haben, und da dieses gemeinlich nicht der Fall ist, so rechtfertigt sich die Zweckmässigkeit eben beschriebenen Anordnung.

Zur Befestigung der Thore des Docks zu Montrose dienen gusseiserne Anker,  $3\frac{1}{2}$  Zoll hoch und breit. Sie sind an beiden Enden mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen versehen, die in Steine greifen. Die Halsbänder dieser Thore sind 2 Zoll und 4 Zoll hoch. Fig. 327 zeigt endlich das Halsband eines Thores am St. Katharine's Dock. Dasselbe ist insofern eigenthümlich, als jeder Arm aus zwei besondern Theilen besteht, durch den vordern in der Mauer vergossenen Bolzen mit einem verbunden sind.

Schliesslich dürfen hier noch einige Bemerkungen über Einhängen und Ausheben der Thore ihre Stelle finden. Bei Anwendung kräftiger Hebemaschinen, die auf hohen Rüstungen aufgestellt sind, oder bei denen wenigstens dafür gesorgt ist, dass die Last auf grössere Höhe gehoben werden kann, und wo endlich die erforderliche Seitenbewegung gestatten, kann man Thore, nachdem sie neben der Schleuse vollständig zusammengesetzt sind, ohne Weiteres aufheben, herablassen und einhängen. Dieses Verfahren findet allerdings bei kleineren Thoren zuweilen Anwendung, es ist jedoch keineswegs das gewöhnliche, vielmehr pflegt man das Thor vor dem Aufstellen in die Thorkammer herabzubringen. Letzteres geschieht entweder in der Art, dass das Thor erst am Boden der Thorkammer zusammengesetzt wird, oder man transportirt es im Ganzen, indem es auf Unterwagen über Rollen bewegt und mit Beihülfe von kräftigen Winden in Bewegung unterstützt oder gemässigt wird. Man muss im letzteren Falle aber dafür sorgen, dass die Bahn nicht zu stark geneigt ist. Man führt dieselbe daher nicht direct in die Schleuse hinein, sondern vielmehr auf einem Umwege über die Kanaldossirung.

Man giebt dem Thore auf dem Schleusenboden eine solche Lage, dass es nach dem Aufrichten neben der Thornische stehen kann, es also nur wenig verstellt werden darf, um mit dem Zapfen der Wendensäule in die Pfanne einzugreifen. Das Thor so zu hängen, dass beim Richten desselben der Zapfen sogleich in die Pfanne eingreift, ist nicht möglich, da der Rand der Wendensäule zu vorrückt.



Man legt das Thor auf hölzerne Unterlagen, damit es weder bestossen werde, noch auch den Schleusenboden, und namentlich die Schlagschwellen beschädige. Mittelst Schrauben, Seilen u. dergl. kann man den obern Rahm leicht etwas heben; im vollständigen Richten muss das Thor aber von oben mittelst Hebezeugen gefasst werden. Zu diesem Zwecke werden zur Seite der Schleuse wenigstens zwei, bei schweren Thoren auch wohl vier kräftige Erdwinden aufgestellt, welche die in die Flaschenzüge eingeschornen Tawe anziehen. Die Anzahl der Flaschenzüge stimmt mit der der Erdwinden überein, und eben so viele Krahnköpfe werden auch eingerichtet, die etwas über die Thorkammermauer vortreten. Man muss letztere mehrere Fuss hoch über der Mauer anbringen, damit das Thor daran hängend in die Pfanne eingesetzt werden kann, und zwischen dem Thore und den Krahnköpfen noch der nöthige Raum für die Flaschenzüge bleibt. Zu diesem Zwecke stellt man eine feste Rüstung auf die Mauer der Thornische, und legt starke Balken mit einem Ende darüber, während die andern Enden derselben gehörig beschwert, auch gegen eine Seitenbewegung gesichert sind. Die untern Blöcke der Flaschenzüge werden gegen den Oberrahm der Thore mittelst durchgezogener Tawe, oder auf andre Weise sicher befestigt. Die Wahl der Befestigungspunkte, sowie auch die Stellung der Krahnköpfe aber von grosser Wichtigkeit, damit das Thor, sobald es schwebt, seitwärts bewegt und lothrecht in die Pfanne herabgelassen werden kann.

Sobald man nunmehr die Erdwinden in Thätigkeit setzt, richtet sich das Thor allmählig auf. Bei einer gewissen Neigung wird aber der Fuss desselben sehr stark gegen die Mauer gedrängt. Man muss durch Anbringung von passenden Unterlagen dafür sorgen, dass das Thor nirgend unmittelbar die Mauer berühre, und besonders, dass nicht vielleicht ein plötzliches starkes Gleiten eintrete, indem vielleicht die Reibung hin und wieder so stark geworden ist, dass das Thor an einer Seite die lothrechte Unterlage verloren hat. Minard erwähnt, dass er beim Einhängen schwerer Thore hölzerne Drehsachsen in Form von halben Cylindern benutzt habe, auf deren flacher Seite die untern Rahmrollen, dieselben aber in hölzernen Mulden, wie in Zapfenlagern, ruhen bewegten. Wenn letztere gegen die Mauer gehörig abgeleitet

sind, so wird dadurch allerdings eine sehr sichere und regelmäßige Bewegung des Thores erreicht werden.

Die Erdwinden bleiben so lange in Bewegung, bis das Thor frei über dem Boden schwebt, und man muss die obern Bänder der Flaschenzüge so befestigt haben, dass alsdann das Thor selbst die erforderliche Seitenbewegung macht und an diejenige Stelle kommt, wo die Pfanne lothrecht über dem Zapfen sich befindet. Diese Seitenbewegung darf indessen noch nicht plötzlich eintreten; man fasst daher das Thor noch seitwärts mit einem Tau, und schlingt dieses einige Male um einen festen Pfahl. Durch leises Nachlassen dieses Taus wird das Thor in die gehörige Stellung gebracht, und wenn das Halsband der Form der Wendesäule entspricht, so braucht man nur die Erdwinden langsam zurückzudrehen, um den Zapfen in die Pfanne zu stellen, worauf auch das Halsband sogleich befestigt werden kann, während das Thor noch an den Flaschenzügen hängt.

Beim Ausheben des Thores ist das Verfahren sehr genau dasselbe, es erfolgt jedoch in umgekehrter Ordnung. Die Flaschenzüge müssen dabei wieder so befestigt sein, dass das Thor mit Hülfe eines stark angespannten horizontalen Taus sich anfangs senkrecht hebt, beim Nachlassen des letztern aber von selbst so weit seitwärts rückt, dass der Fuss der Wendesäule bei spätern Senken nicht mehr die Pfanne oder den Zapfen trifft.

Viel beschwerlicher wird dagegen das Aus- und Einheben, wenn das Halsband nicht die volle Weite der Wendesäule bedeckt, das Thor also nicht unmittelbar in die Pfanne eingestellt werden kann. Man pflegt alsdann das Thor, nachdem es gerichtet ist, in eine schräge Stellung zu bringen, so dass es auf dem Fuss der Schlagsäule ruht. In dieser Weise wird es mit Brechstangen seitwärts bewegt, bis man den Zapfen in die Pfanne hineinlassen kann. Alsdann erst giebt man ihm die lothrechte Stellung, und befestigt das Halsband an den Zapfen in der Axe des Thores.

### §. 107.

#### Unterstützung der Thore.

Wenn ein Schleusenthor nur aus den Hauptverbandstücken, nämlich den beiden Säulen und den Riegeln und Rahmen zu-

amengesetzt ist, so ist die Form desselben keineswegs vollständig gesichert, und unter dem eignen Gewichte kann leicht Verziehen der rechtwinkligen Verbindung eintreten, wodurch das Thor sich in einen Rhombus verwandelt. Eine geringe Aenderung in dieser Beziehung ist zwar ohne wesentlichen Nachtheil, fernerseits die Verminderung der Breite des Thores dabei nicht merklich ist, andererseits aber auch der Spielraum zwischen dem Thorkammerboden und dem Fusse der Schlagsäule so gross ist, dass die Berührung beider nicht sobald zu besorgen ist. Dagegen liegt das Verziehen, wenn es bereits eingetreten ist, und der übrigen Ausdehnung desselben keine Grenze gesetzt wird, schnell nachtheil, indem die hölzernen Nägel, welche die Verbindung der Zapfen darstellen, und die eisernen Beschläge, mit der Zeit leicht nachgeben. Es muss daher dieser Bewegung Einhalt gethan werden, damit die Schlagsäule sich nicht so tief absenkt, dass sie den Thorkammerboden berührt, und dadurch die Bewegung des Thores nicht nur überaus erschwert, sondern auch ganz unmöglich macht. Will man die Thore in solchem Falle aber dennoch gewaltsam in Bewegung setzen, so wird ihre Verbindung in kurzer Zeit zerstört.

Ausserdem muss man darauf Rücksicht nehmen, dass in den Thorkammern vorzugeweise starke Ablagerungen von Sand und Schlamm erfolgen, die Bewegung der Schlagsäule also dadurch schon weit früher behindert wird, ehe ihr Fuss den Boden der Kammer berührt. Ein vollständiges Reinigen der Thorkammer ist aber schwierig, und daher liegt ein grosser Vortheil darin, dass man die Reinigung immer erst vornehmen darf, wenn die Ablagerung eine bedeutendere Höhe, nämlich von einigen Zollen erreicht hat.

Unter den Mitteln, wodurch man dem Sacken der Thore entgegen, wäre zunächst die Verstrebung zu erwähnen. Die verschiedenartigen Anordnungen derselben sind bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore speciell beschrieben. Hier ist nur auf einzelne Umstände aufmerksam gemacht werden. Der Sack der Strebe ist jedenfalls mit dem Fusse der Wendesäule zu verbinden, ihren Kopf stützt man aber besser gegen den obern Theil, als gegen die Schlagsäule, weil letztere sich leichter von der Wendesäule etwas entfernen kann, als der erstere. Je steiler

die Strebe angebracht werden kann, desto wirksamer ist sie erfüllt daher bei Thoren, die im Verhältnisse zur Breite sehr sind, am besten ihren Zweck, und am wenigsten gewährt niedrigen und breiten Thoren hinreichende Sicherheit. Man stützt sie zuweilen noch durch Anbringung einer zweiten Strebe, die von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des Rahms geführt wird. Dabei tritt jedoch der Uebelstand ein, diese Strebe leicht ein Verbiegen und Brechen dieser beiden Handstücke veranlassen kann. In manchen Fällen hat man drei Streben angebracht, doch ist dieses wohl noch wenig empfohlen. Dagegen ist die Methode, die man sowohl bei uns als in Holland und Frankreich allgemein anwendet, nämlich ganze Bekleidung des Thores als Verstrebung wirken zu lassen, gewiss zweckmässig, indem dabei der Druck nicht auf einzelnen Stellen vereinigt, vielmehr auf die ganze Länge der Verstrebung ziemlich gleichmässig vertheilt wird. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass man zuweilen zwischen die Wendesäule und Riegel, und zwar an den untern Seiten der letztern noch Eckstücke aus Holz oder Eisen, oder auch wohl ganz kurze Bänder einbringt. Man darf sich indessen von diesen wegen ihrer geringen Wirkung wohl keinen merklichen Erfolg versprechen, vielmehr dürfte der Thor durch die dazu erforderlichen Zahnschnitte u. dergl. geschwächt, als durch diese Art der Verstrebung verstärkt werden.

Man wendet häufig neben den Streben noch eine andre Regel an, um einer nachtheiligen Formveränderung der Thore zu begegnen. Indem nämlich die Strebe offenbar nicht sogleich ihre Wirksamkeit treten kann, dieses vielmehr erst geschieht, wenn der obere Rahm und das ganze Gewicht des Thores sie so belastet und spannt, dass ihre Elasticität den nöthigen Widerstand leistet; so ergiebt sich hieraus, dass eine geringe Formveränderung des Thores der Wirksamkeit der Strebe vorangehn muss. Um nun diejenige Form, welche dem Zwecke am meisten entspricht, dauernd zu sichern, so giebt man dem Thore bei der Zusammensetzung eine etwas andre Form, oder man bringt eine geringe Ueberhöhung an der Seite der Schlagsäule an. Das Uebel dieser Ueberhöhung beschränkt man bei kleineren Thoren auf einen halben Zoll.



Ein andres Mittel zur Verhinderung des Durchsackens der Thore besteht in der Anbringung eines Zugbandes, welches am Kopfe der Wendesäule nach der diagonal gegenüberliegenden Ecke des Thores gespannt wird. In den Französischen Mäseenthoren und zwar eben sowohl bei den grössern, wie bei den kleinern fehlen dieselben fast nie, bei uns kommen sie zuweilen, jedoch nur selten vor: an Holländischen Schleusen findet man sie wohl gar nicht, auch in England sind sie wenig üblich, in Liverpool und zwar an den grossen Dockschleusen hat man sie beinahe jedesmal angewandt. Man muss diese Bänder, wie sie an sich hinreichend stark, und überdiess in angemessener Weise befestigt sind, als ein kräftiges Mittel gegen das Versinken der Thore ansehen, auch lässt sich dabei leicht mittelst Drauben oder Keilen eine Vorrichtung zum schärfern Ausspannen derselben anbringen. Wenn dagegen manche Erfahrungen zu zeigen haben, dass sie wenig dauerhaft sind, und leicht reissen, so rührt dieses wohl nur davon her, dass die dazu verwendeten Materialien nicht die gehörige Stärke hatten, auch durch Kröpfungen und durch die Art ihrer Befestigung noch wesentlich geschwächt waren. Es wäre indessen auch möglich, dass bei grossen Kälte, wobei das Eisen an sich schon spröde wird, die starke Zusammenziehung denselben in unserm Klima das häufige Brechen dieser Bänder erklärt.

Das obere Ende des Zugbandes wird jedesmal am Kopfe der Wendesäule befestigt, das untere Ende dagegen ist zuweilen mit dem untern Rahm, zuweilen auch mit dem Fusse der Mäsesäule verbunden. Letzteres verdient wohl den Vorzug, weil das Band auch in horizontaler Richtung zieht, und dadurch die Zapfen-Verbindung an beiden Enden der Riegel verstärkt. Demnächst entsteht die Frage, an welcher der beiden Seiten des Thores man das Zugband anbringen soll, und es ist ausser Zweifel, dass dasselbe, wenn es nur an einer Seite sich befindet, in Folge seiner starken Spannung, auf ein Ende der Verbandstücke, die es fasst, hinwirkt. Um dieses zu vermeiden, verlegt man zuweilen das Zugband in die Mitte zwischen die vordere und hintere Thorfläche, indem man die sämtlichen Riegel durchbohrt und es durch die Bohrlöcher hindurch-

Das Einsetzen des Bandes wird dadurch aber ausserordentlich, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



deutlich erschwert, auch klemmt es sich alsdann so stark krümmt sich auch wohl, indem die Bohrlöcher nicht genau in geraden Linie liegen, dass nicht nur das Nachziehen sehr erschwert, sondern auch die Gefahr eines Bruches vergrössert wird. Die passendste Methode, die in Frankreich auch allgemein eingeführt ist, besteht darin, auf jede Seite des Thores ein besonderes Zugband zu legen, und beide sowohl oben, wie unten durch Bolzen mit einander zu verbinden.

Diese Bolzen, wodurch das Zugband an beide Säulen festigt wird, dürfen indessen nicht allein gegen das Hinwärtreten der letztern sich lehnen, weil sie sich darin eindrücken, dasselbe wohl aufspalten würden, vielmehr müssen sie noch durch die gegenüberliegenden Eisenbeschläge hindurch gezogen sein, oder sie den Kopf der Wendesäule treffen, muss zu ihrer Sicherung ein besonderes Band oder ein Ring umgelegt werden. Fig. 1 zeigt die Verbindung des Zugbandes mit dem Kopfe der Wendesäule an der Cherbourger Schleuse. Ein starker Eisening, durch vier Schrauben fest aufgezogen werden kann, ist an beiden Seiten durchbohrt, und unterstützt den obern Bolzen. Der untere Bolzen ist dagegen in den rechten Winkel des untersten Winkelbänder gezogen, der die Schlagsäule mit dem untern Rahm verbindet. Er versieht hier zugleich die Stelle desjenigen Bolzen, der das Zusammenhalten der beiderseitigen Winkelbänder sonst eingewirkt sein müsste.

Die bei den Schleusen des Main-Donau-Kanales gebräuchliche Befestigung der Zugstange verdient wegen ihrer Zweckmäßigkeit erwähnt zu werden. Es ist nämlich in der Nähe der Schlagsäule um den untern Rahm ein Ring gelegt, und dieser wird von dem Zugbande gefasst.

Gemeinhin werden die Zugbänder auch im mittleren Theile noch an einzelne Thorriegel befestigt, damit sie bei zufälligem Gegenstossen der Schiffe verbogen werden, bei ihrer grossen Länge leicht geschehn könnte. Man pflegt wieder Bolzen oder lange und starke Nägel zu wählen. Man muss aber die Zugbänder gelocht und folglich auch gesichert werden, und wenn die Löcher nicht lang ausgezogen sind, verhindern die Nägel die freie Bewegung der Bänder beim Auf-

nen. Es ist demnach vortheilhafter, die Zugbänder in der nur durch übergreifende Klammern zu befestigen, wodurch in beiden erwähnten Uebelstände vermieden.

Das Anziehen der Zugbänder, um dieselben sowohl beim erlaßbringen, als auch bei später eintretendem Sacken des s gehörig anzuspannen, geschieht entweder durch Keile, durch Schrauben. In beiden Fällen sind die Anordnungen en sehr einfach, alsdann aber auch mit wesentlichen Män- verbunden. Für die Keile findet dieses statt, wenn jedes and aus einem einzelnen Stücke besteht, und das obere Bol- ch lang ausgezogen ist, in dieses aber unmittelbar über dem a ein Keil eingetrieben wird. An der Schleuse im Cher- ger Kriegshafen ist eine Anordnung getroffen, die wegen ih- neckmässigkeit vorzugsweise Erwähnung verdient. Das Band st aus zwei Stücken, von denen Fig. 328 a und b das obere, dieselben Figuren, so wie auch c das untere zeigen, nämlich ihrer Zusammensetzung und mit den doppelten Treibkeilen, gegen die beiden Stücke getrennt von einander und c den aufenden Kopf des untern Theiles in der Seitenansicht. Das e kürzere Stück ist gabelförmig gespalten und zwischen beide a desselben tritt der Kopf des untern ein. An den äussern m befinden sich jedesmal vortretende Backen, welche durch eingetriebenen Keile von einander entfernt werden, wodurch ganze Band sich verkürzt. Man musste indessen dafür sor- dass beim Einschlagen der Keile nicht eines der Stücke aus andern seitwärts herausgeschoben würde, und zu diesem ke sind die erwähnten Backen jedesmal der Länge nach Nuthen versehn, worin Federn an den betreffenden Stellen andern Theile eingreifen. Die Figuren b und c zeigen diese lern, so wie c auch die Nuthen. Man bemerkt leicht, dass Ende des untern Theiles sich nicht in seiner Längenrichtung e Klaue des obern hineinschieben lässt, weil die erwähnten hen beider Theile auf einander stossen würden. Die Verbin- g ist aber leicht in der Art zu bewirken, dass man beide Theile mit übereinander legt, dass diese Backen sich nicht mehr treffen, man kann man den Kopf des untern Theiles zwischen die e des obern bringen und beim weitem Zusammenschieben fen die erwähnten Federn in die Nuthen ein, und der Raum

zwischen den Backen wird frei, durch welchen man nach dem Einsetzen der oben erwähnten Bolzen die Keile treibt.

Bei Anwendung der Schrauben bolzt man zuweilen auch kurze Schienenstücke, die im rechten Winkel umgebogen und an die Köpfe der Wendesäulen befestigt sind. Man zieht durch dieselben die mit Schraubengewinden versehenen Enden der Zugbänder hindurch und stellt mittelst Schraubenmuttern die erforderliche Spannung her. Im Falle, dass das Zugband im Innern des Thores angebracht, also durch die Riegel hindurchgezogen ist, kann man es auch wohl unmittelbar durch den vortretenden Kopf der Wendesäule greifen, und indem man auf diesen eine eiserne Schraube legt, bringt man hier die Schraubenvorrichtung zum Nachziehen des Bandes an.

Vorteilhafter ist es, jedes Zugband aus zwei einander entgegengekehrten Theilen bestehen zu lassen, die unter sich durch ein Schloss verbunden sind, woran die Schraube sich befindet. Es kommen hierbei sehr verschiedenartige Einrichtungen vor. Gemeinlich besteht das Schloss aus einem langen Ringe, der an beiden oder wenigstens an einem Ende mit einer Schraubenmutter versehen ist. Wenn er nur eine Schraubenmutter hat, so ist die Scheibe am andern Ende durchbohrt, und in dieses Bohrloch wird das cylindrisch bearbeitete und mit einem Kopfe versehene Ende des obern Theiles des Zugbandes ein. Der untern Theil des Zugbandes ist am obern Ende gleichfalls cylindrisch, doch darin ein Schraubengewinde geschnitten, auf welches jene Mutter des Schlosses passt. Wenn also dieses Schloss mittelst der durchgesteckten Brechstange gedreht wird, so zieht es sich die Schraube weiter auf und verkürzt dadurch die ganze Länge des Zugbandes.

Indem das Schmieden und Bearbeiten eines gut passenden Kopfes am obern Theile des Zugbandes nicht leicht ist, wird dasselbe schon vorher in das Schloss eingesetzt sein müssen: versieht man lieber beide Enden des Schlosses mit Schraubenmuttern und schneidet in beide cylindrisch auslaufende Theile des Zugbandes Gewinde ein. Von diesen wird gewöhnlich das eine rechts, das andre links geschnitten, damit die Schrauben angezogen oder beide nachgelassen werden, je nachdem das Schloss in einer, oder der andern Richtung dreht.

Es kommt auch noch die Abweichung vor, dass man dem Schlosse an beiden Enden nicht die einfache Ringform giebt, oder die beiden Schraubenmutter nicht durch zwei, sondern durch vier Arme mit einander verbindet, wodurch der Vortheil erreicht wird, dass man den Hebel zum Drehen des Schlosses bequemer einsetzen kann.

Die Anfertigung des eben beschriebenen Schlosses ist aber, wenn dasselbe auch nur zwei Arme hat, nicht leicht, und das Anschweißen von noch mehr Armen ist dabei insofern bedenklich, als dieses Stück nicht nur denselben Zug, wie die Zugstange, zu halten, sondern beim Drehen auch noch die Reibung der Schrauben zu beiden Seiten zu überwinden hat, und seine Arme dabei leicht verbiegen könnten. Am vortheilhaftesten ist es daher, dasselbe aus vollem Eisen zu schmieden, wie Fig. 329 zeigt. Es hat alsdann nur zwei, aber hinreichend starke Arme, die dieselben treten auswärts nicht weiter vor, als die beiden scheibenförmigen Scheiben, an den Enden, welche die Schraubenmutter bilden.

Fig. 330 zeigt eine andre Einrichtung des Schlosses, die wegen der Ansätze an beiden Enden der Zugstange zwar etwas complicirter ist, dafür aber den Vortheil bietet, dass die Zugstange beim Drehen des Schlosses weniger der Gefahr ausgesetzt ist, sich mitzudrehen, indem sie mit breiten Flächen auf dem Thore aufliegt. An den Schleusen des Tarn-Flusses ist dieses Schloss angewendet. Es unterscheidet sich von dem obigen durch, dass es nicht mit den beiden Schraubenmutter, sondern mit den beiden Schraubenspindeln verbunden ist, zwischen welchen sich ein stärkerer Cylinder befindet, der mit sich kreuzenden Bohrlöchern versehen ist. In letztere wird der zum Drehen des Schlosses dienende eiserne Hebel eingesetzt. Die Schraubenmutter befinden sich in den Ansätzen, welche auf beiden Enden beider Theile der Zugstange aufgeklaut und durch Schraubenbolzen damit verbunden sind, wie Fig. 330 b zeigt. Die Höhe dieser Ansätze ist ihrer Breite gleich und stimmt auch mit dem Durchmesser jenes Cylinders überein. Letzterer wird selbst bei starken Spannungen nicht gegen die Bekleidung des Thores gedrückt. Man umgeht also die Gefahr eines Verengens der Schraubenspindeln.

Bei Anwendung der entgegengesetzt gewundenen Schrauben, und zwar eben sowohl, wenn die Schrauben an den Enden des Thores befestigt sind, als wenn die Muttern am Schlosse befestigt sind, ist der Uebelstand ein, dass das Verhältniss des Zuges, den die Schrauben ausüben, zu der Kraft, die zu ihrer Bewegung erforderlich ist, ziemlich klein bleibt. Bei einmaliger Umdrehung der Schrauben verkürzt sich nämlich die Zugstange um die Summe der Höhen der beiderseitigen Schraubengänge. Die Höhe eines Schraubenganges darf aber nicht zu klein angenommen werden, unter den starken Spannungen, die hier vorkommen, sonst würde die gehörige Berührungsfläche im Innern der Schraubenmutter abgerissen werden. Dieser Uebelstand lässt sich dadurch vermeiden, dass man beide Schrauben in gleicher Richtung schneidet, doch mit Gewinden von verschiedener Höhe versieht. Die Anwendung solcher Schrauben, wodurch bei einer Umdrehung der Weg der Last, oder in diesem Falle die Verkürzung der Zugstange auf die Differenz der Höhen der Schraubengänge reducirt wird, ist zuerst von Prony angegeben worden, woher man diese Zusammensetzung auch häufig Pronysche Schraube nennt. Man hat dabei den Vortheil, dass man dem Schraubengange die dem Drucke entsprechende Stärke geben, und dennoch den Weg, den die Last bei jeder Umdrehung auf jedes beliebige Maass beschränken kann, indem die Verkürzung der Gänge in beiden Schrauben einander nahe gleich sein wird. Bei der Zusammensetzung des Zugbandes an den Thores der Schleusen am Tarn ist diese Anordnung in der That ge-  
 worden, woher man diese Zusammensetzung auch häufig Pronysche Schraube nennt. Man hat dabei den Vortheil, dass man dem Schraubengange die dem Drucke entsprechende Stärke geben, und dennoch den Weg, den die Last bei jeder Umdrehung auf jedes beliebige Maass beschränken kann, indem die Verkürzung der Gänge in beiden Schrauben einander nahe gleich sein wird. Bei der Zusammensetzung des Zugbandes an den Thores der Schleusen am Tarn ist diese Anordnung in der That ge-

Ferner wird das Sacken der Thore auch dadurch vermieden, dass man den obern Rahm rückwärts über die Wendescheiben verlängert, und ihn am Ende so stark beschwert, dass er das Thore vollständig, oder doch wenigstens zum Theil das Gleichgewicht hält. Diese Verlängerung des Rahms dient dabei zugleich zur Unterstützung beim Drehen des Thores, woher man sie den Drehbaum nennt. In kleineren Kanal- und Flussschleusen ist diese Einrichtung nicht üblich, und sie gewährt in der That grosse Bequemlichkeit und Sicherheit. Die Figuren 311 und 312 lassen die Anordnung, die an sich sehr einfach ist, mit hinreichender Deutlichkeit kennen. Häufig bringt man aber neben dem Drehbaum noch eine Strebe im Schleusenthore an. Als Beispiel die



Abbildung ist in Fig. 331 eines der Thore einer 15 Fuss weiten Kanalschleuse bei Zwolle dargestellt. Das Thor ist insofern besonders bequem angeordnet, als hier eben so wie an den Thoren des Rochdale Kanals (Fig. 312) der Drehbaum selbst die Vorrichtung zum Oeffnen der Schütze trägt, und letzteres gehoben werden kann, ohne dass man auf das Trittbrett steigen darf.

Der Stamm, woraus der Drehbaum und zugleich der obere Theil der Schütze dargestellt werden soll, wird nicht in seiner ganzen Länge mechanisch bearbeitet, vielmehr kommt es darauf an, das hintere Ende möglichst schwer zu halten, und man lässt daher dem Stamme beinahe die volle Stärke, indem dasselbe nur soweit behauen wird, dass die auffallendsten Unregelmässigkeiten verschwinden. Dies ist auch keineswegs nachtheilig, wenn das Stück gekrümmt ist, vielmehr erreicht man dadurch noch den Vortheil, dass das Ende des Drehbaumes, woran man das Thor bewegt, etwas höher gehoben und dadurch das Fassen und Schieben desselben erleichtert wird. Zu demselben Zwecke pflegt man auch wohl den Drehbaum, wenn er gerade ist, nicht horizontal, sondern schräge, um das Thor zu befestigen, so dass Letzteres an der Wendesäule eine grössere Höhe, als an der Schlagsäule hat. In Ermangelung hinreichend langer und schwerer Hölzer greift das obere Ende zuweilen nur einige Fuss weit über die Wendesäule, und der eigentliche Drehbaum ist mit Schraubenhölzern darauf befestigt. Diese Anordnung, die ich bei einer kleinen Schleuse in der Nähe von Manchester sah, gewährt noch den Vortheil, dass der Drehbaum an der Stelle, wo die Gefahr des Bruches am grössten ist, nämlich über der Wendesäule, sehr kräftig verstärkt wird.

Auf das hintere Ende des Drehbaumes wird häufig (was auch in keiner der in den Figuren dargestellten Beispiele der Fall ist) ein hölzerner Kasten aufgesetzt und befestigt, den man mit Steinen anfüllt, um das Gegengewicht zu verstärken. Die Verbindung des Drehbaumes mit der Wendesäule wird durch einen Zapfen gebildet, der aus dieser in jenen greift, ausserdem kann man aber noch einen starken Bügel darüber legen, da der Zapfen beim Drehen des Thores einem starken Seitendrucke ausgesetzt wird. Das vordere Ende des Drehbaumes greift dagegen mit einem Zapfen und einer aufwärts gekehrten Versatzung

in die Schlagsäule, und beide werden noch durch einen angemessenen Bügel mit einander verbunden.

Es ist an sich klar, dass der Drehbaum seine beiden Zwecke nur sicher erfüllen kann, so lange das Thor keine grossere Breite hat. Wenn diese 9 Fuss oder darüber beträgt; so ist das Gewicht des Thores schon so gross, dass die Darstellung eines angemessenen Gegengewichtes sehr schwierig oder unmöglich ist, ohne den Hebel im Unterstützungspunkte der Gefahr des Durchbiegens und Brechens auszusetzen. Diese Gefahr ist um so grösser, als gerade hier ein Zapfenloch zur Darstellung der Verbindung mit der Wendesäule in den Drehbaum eingeschnitten werden muss. Andererseits wird der Widerstand des breiteren Thores bei der Bewegung desselben auch so gross, dass der Hebelsarm nicht mehr die nöthige Länge zur Ueberwindung desselben hat, und wenn man diesen Mangel durch Verstärkung der Kraft, oder durch Anstellung von mehr als einen oder mehreren Arbeitern ersetzen wollte; so würde wieder die Gefahr herbeiführt, dass der Drehbaum in horizontaler Richtung bräche. Aus diesen Gründen findet der Drehbaum bei breiteren Thoren keine Anwendung. Es muss hier aber noch daran erinnert werden, dass man Thore, die mit stark belasteten Drehbäumen verbunden sind, vorsichtig behandeln muss, und sie nicht heftig gegen die Schlagschwelle stossen dürfen, weil alsdann selbst bei kleinen Thoren der Drehbaum wegen des grossen Trägheits-Momentes seiner Belastung abbrechen würde.

Bei grossen Schleusen wird das Versacken der Thore wenigstens teilweise durch Rollen oder Räder verhindert, auf welche die Thore sich in allen verschiedenen Stellungen stützen. In England wird jedes grössere Schleusenthor in der Nähe der Schlagsäule von einer Rolle getragen, und zwar geschieht dieses selbst bei grösseren Kanalschleusen, während man in Frankreich die Thore von Hafenschleusen in solcher Art unterstützt. In den Niederlanden hat man dagegen, soviel bekannt, hiervon keinen Gebrauch gemacht, vielmehr stützt man daselbst auch die grösseren Thore nur durch Streben ab.

Das Thor findet, während es nicht bewegt wird, allerdings eine sehr sichere Unterstützung in der Rolle, bei seiner Bewegung darf man sich aber von letzterer nicht unbedingt eine grosse Hilfe

sprechen, und zwar zunächst weil das Verhältniss zwischen Durchmesser der Rolle und dem ihrer Axe in sehr engen Grenzen zu bleiben pflegt, woher also die Axenreibung nachtheilig wirkt. Sodann aber ist eine Ablagerung von Sand und oft sogar von Kies in den Thorkammern zu vermeiden, und dadurch wird die Bewegung der Rolle gehindert. In beiden Beziehungen bildet sich der Schlamm am untern Rande des Thores und selbst in noch etwas tieferer Tiefe. Wollte man diesen dadurch überwinden, wie bei uns immer geschieht, den Zug zum Oeffnen des Thores auf den Kopf der Schlagsäule wirken zu lassen, würde das Thor unfehlbar jedesmal stark gebogen und seine Verbindung in Kurzem gelöst werden. Aus diesem Grunde ist man schon gezwungen, sobald die Unterstützung durch eine Rolle gewählt wird, auch eine andre Art des Oeffnens der Thore einzuführen, wobei sie, wie in England in solchem Falle geschieht, unter Wasser und oft sogar ziemlich nahe über dem untern Rahm gefasst und gezogen werden.

Entsteht zunächst die Frage, an welcher Stelle des Thores die Rolle angebracht werden soll. Jedenfalls bildet der Zapfen der Wendesäule eine eben so sichere, und bei der Bewegung eine viel weniger hinderliche Unterstützung, als die Rolle. Die Entlastung des erstern durch letztere kann daher nicht in Betracht sein, diese dient vielmehr nur dazu, das Versinken des untern Theiles zu verhindern. Hieraus ergibt sich schon, dass die Rolle möglichst nahe an die Schlagsäule gebracht werden muss. Unter derselben würde sie freilich noch zwecklos stehen, doch bietet, wenigstens bei hölzernen Thoren, die Anwendung daselbst grössere Schwierigkeiten, als unter dem untern Rahm. Auch muss daran erinnert werden, dass falls sie in der Mitte des Letztern gestellt würde, ein Durchbiegen derselben zu besorgen wäre. Demnach rechtfertigt sich auch die Beziehung die gewöhnliche Anordnung, wonach die Rolle unter dem untern Rahm, jedoch der Schlagsäule sehr nahe gebracht wird.

Es bleibt es indessen noch zweifelhaft, ob die Rolle in der Mitte des Thores angebracht, oder daraus mehr entfernt verstellt werden darf. Wenn es nothwendig wäre,

jeden Seitendruck sowohl im Halsbunde, wie im untern Zapfen aufzuheben, so würde in dieser Beziehung der passendste Ort für die Rolle sich ergeben, wenn man eine gerade Linie durch den Zapfen und die Projection des Schwerpunktes vom Thore (bei der gewöhnlichen Eintauchung desselben) zöge, und in der Verlängerung derselben die Rolle stellte. Diese Rücksicht ist indessen keineswegs massgebend, insofern eine geringe Versetzung keinen nachtheiligen Seitendruck veranlassen kann. Dagegen sind andre Umstände hierbei von weit wesentlicherer Bedeutung. Jedoch muss die Rolle so befestigt werden, dass sie den directen Schluss des untern Rahms gegen die Schlagschwelle nicht behindert, sie darf daher vor den erstern auf der dem Unterraum zugekehrten Seite nicht vortreten. Auf der gegenüberstehenden Seite ist ein solches Vortreten aber nicht nachtheilig, und wenn die Thore cylindrisch gekrümmt sind, würde bei dieser Stellung auch der erstgenannten Bedingung noch genügt werden können. Dass die Thornische alsdann einen besondern weiter zurückwärtigen Raum zur Aufnahme der Rolle erhalten muss, ist keineswegs als hinderlich anzusehn, da ein solcher sich leicht darstellen lässt. Die Schwierigkeit besteht hierbei nur in der sichern Aufstellung des Thores auf die Rolle, da eine solche sich viel leichter an der Seite anbringen lässt, wo die Hauptverbandstücke liegen, als wo die Bekleidung sich befindet. Bei den in neuerer Zeit ausgeführten grössern Schleusen in England hat die Rolle indessen in der That diese Stellung erhalten, während man früher stets unter dem untern Rahm anzubringen pflegte.

Bei dieser älteren Methode zur Aufstellung der Rollen, deren Grösse durch den freien Raum unter dem Thore beschränkt und dieselbe verminderte sich noch mehr, indem man die Rolle auf welcher die Rolle bei der Bewegung des Thores läuft, etwas über den Thorkammerboden erhöhte, um sie einigermaßen vor Ablagerungen von Sand u. dergl. zu schützen. Der Durchmesser der Rolle musste daher auf einen halben Fuss u. äussersten Falls auf 9 Zoll beschränkt werden, und indem die Axe stark genug sein musste, um das Gewicht des Thores zu tragen, so stellte sich das Verhältniss des Durchmessers der Rolle zu dem der Axe wie 2 zu 1, oder im günstigsten Falle wie 3 zu 1 heraus. Eine natürliche Folge hiervon war, dass die Axen-R

übermässig stark blieb, und die Rolle sich nicht leicht drehte, sehr zum Theil auf der Bahn schleifend fortgezogen werden te. Sobald man das Thor durch kräftige Winden in Bewegung setzte, wurde dasselbe zuerst merklich gebogen, und nur so es dadurch so weit gespannt war, dass der Widerstand, es der ferneren Durchbiegung entgegen setzte, dem der Reiz an der Rolle gleich kam, bewegte sich die letztere. Sie machte aber keineswegs eine gleichförmige Bewegung an, sondern nur soweit vor, als die aus der Durchbiegung des Thores resultierende Spannung sie fortstieß. Alsdann stand sie wieder still, und das Thor musste aufs Neue gebogen werden. In dieser Weise erfolgte die Drehung des Thores nur stossweise, was im der Augenschein schon erkennen liess, wovon man sich aber bald deutlicher überzeugte, wenn man sich auf das Thor stellte. Ist auch klar, dass das Thor hierbei sehr angegriffen wurde, und seine Verbindung stark leiden musste.

Bei grössern Französischen Schleusen hat man aus diesem Grunde die Wirksamkeit der Rolle dadurch zu beschränken gesucht, dass sie anfangs, so lange die Verstrebung des Thores durchsacken desselben noch verhindert, die Bahn gar nicht fährt, also die Bewegung auch nicht hindert. Sie stellt sich erst später, wenn die Durchbiegung erfolgt ist, auf die Bahn auf und verhindert dann ein weiteres Herabsinken des Thores. Diese Anordnung ist auch noch bei den Thoren des neuen Docks für Kriegsschiffe in Cherbourg getroffen. Der hierdurch erreichte Vortheil scheint indessen keineswegs bedeutend zu sein, denn er verschwindet ganz, sobald sich das Thor auf die Rolle stellt, und entgegengesetzten Falles belastet man ohne Zweck das Thor mit der schweren Rolle und deren Axenlagern.

Passender erscheint schon die im Hafen zu Rochelle geübte Anordnung, wobei nämlich die Rolle zur Hälfte ihrer Höhe den untern Rahm eingelassen ist. Sie hindert dabei keineswegs den wasserdichten Schluss gegen die Schlagschwelle, indem der Rahm hinreichende Breite hat, um die Rolle zu überdecken. Der Durchmesser der letztern beträgt in diesem Falle 10 Zoll.

Die Befestigung der Rolle gegen den untern Rahm ist keine Schwierigkeit. Es ist dabei nur zu bemerken, dass kleinen Rollen in diesem Falle gemeinhin nicht kegelförmig,



sondern nach einer Kugelfläche zwischen den beiden ebenen Endflächen abgedreht sind, wodurch ein genaues Verlegen der Rolle entbehrlich wird. Die Rolle selbst besteht aus Gusseisen. Häufig sind die starken Axen unmittelbar angegossen, zuweilen dagegen Schmiedeeisen oder auch wohl Stahl dazu verwendet. Die Axenlager haben die gewöhnliche Einrichtung: sie bestehen aus Gusseisen und sind mit einer Sohlplatte verbunden, die durch Schraubenbolzen an den untern Rahm befestigt wird. Ein Pfannendeckel, die von unten gegen die Axen geschoben werden, verhindern das Ausfallen der Rolle.

So lange man die Rolle unter den untern Rahm des Schleusenthores legte, und sie an demselben allein befestigte, war dieses schon vor dem Aufstellen des Thores geschehn, und man hatte später, wenn nicht etwa die Thorkammer ganz trocken gelagt wurde, keine Gelegenheit, die Rolle etwas zu heben oder senken, und sie dadurch schwächer oder stärker durch das Thor zu belasten. Bei der in neuerer Zeit üblichen Verbindung des Thores mit der Rolle wird auch dafür gesorgt, dass jederzeit diese soweit durch das Thor belasten kann, wie es dessen leichte Bewegung und gehörige Unterstützung am zweckmässigsten erscheint.

Soviel bekannt geworden, war es Telford, der zuerst und zwar in den Schleusen des Caledonischen Kanales, die Rolle, die dem Oberwasser zugekehrte Thorfläche treten liess. Um das Thor darauf zu stützen, wendete er ein grosses Stück Gusseisen an, bestehend aus einer  $7\frac{1}{2}$  Fuss langen und  $1\frac{1}{2}$  Fuss breiten Platte, an welche zwei Seitenwände und eine Querwand zwischen denselben in der halben Höhe der Platte gegossen war. Die Seitenwände, welche neben der Querwand eben so wie letztere, 7 Zoll hoch sind, laufen an beiden Enden aus, setzen sich aber in ihrer ganzen Länge hinter der Platte fort, und bilden hier drei aufwärts gekehrte Haken, womit über drei der mittleren Riegel des Thores greifen. Die Fig. 307 und namentlich *d* zeigen die Aufstellung dieses kantenförmigen Stückes. Die erwähnte Mittelwand desselben ruht auf mit Eisen beschlagenen Köpfe eines 9 Zoll breiten und 8 starken hölzernen Stieles, der auf der Rolle aufsteht. Der Stiel desselben ist mittelst zweier Schrauben in einem gusseisernen

Schuh befestigt, der theils in seiner Verlängerung das Pfannen-  
ger für die Axen der Rolle bildet, theils aber auch an beiden  
Enden mit Federn versehen ist. Diese Federn greifen unter die  
vortretenden Ränder einer gusseisernen Platte, die über der Be-  
festigung des Thores an die beiden untern Riegel durch Schrau-  
en befestigt ist. Der erwähnte Stiel wird sonach am Thore  
festgehalten, kann jedoch abwärts bewegt werden, wenn man das  
Thor durch die Rolle kräftiger unterstützen will. Zu diesem  
Zwecke sind zwei gegen einander gekehrte eiserne Keile zwischen  
den Kopf des Stieles und jene Mittelwand des obenerwähnten  
Kastens getrieben. Durch schärferes Eintreiben derselben wird  
der Druck des Thores gegen die Rolle vermehrt, so wie  
man auch durch Zurücktreiben der Keile diesen Druck vermin-  
dern kann.

Die Rolle, welche grösstentheils vor dem Thore liegt, konnte  
eben deshalb bedeutend höher, als der Spielraum unter dem  
untern Rahm gehalten werden. Ihr mittlerer Theil, der auf der  
Bahn läuft, hat die Gestalt eines Cylinders von 20 Zoll Durch-  
messer und 4 Zoll Länge. Der Mantel desselben ist aber wie-  
der nach einer Kugelfläche geformt, damit er bei der Bewegung  
über die gekrümmte Bahn nicht zu starke Reibung erfahre. An  
jede Seite der Rolle setzt sich noch ein flacher Kegel an, so  
dass die ganze Breite derselben neben der Axe nahe 9 Zoll be-  
trägt. Die Axe besteht aus Stahl, hält 3 Zoll im Durchmesser,  
und ist in der Rolle festgekeilt. Sie läuft in zwei Pfannen aus  
Schmiedeeisen, die eben so wie die Pfannendeckel in gewöhnli-  
cher Weise auf den vortretenden Wänden jenes Schubes befestigt  
sind, worin der hölzerne Stiel steht.

Zu erwähnen ist noch, dass der untere Riegel an der Stelle,  
wo die Rolle sich befindet, anders geformt werden musste, um  
für letztere den nöthigen freien Raum zu bilden. Die hölzerne  
darauf gebolzte Schwelle wurde aber keineswegs in ihrer ganzen  
Breite durchschnitten, woher der wasserdichte Schluss des Tho-  
res durch die Rolle auch nicht unterbrochen ist.

Sehr genau dieselbe Einrichtung ist auch bei den Thoren  
des St. Katharine's Docks gewählt worden, welches unter Tel-  
ford's Mitwirkung ausgeführt ist. Die Rollen sind hier aber et-  
was höher, indem sie 24 Zoll im Durchmesser halten.

Bei den Thoren des Docks zu Hull ist die Einrichtung mancher Beziehung hiervon abweichend. Die Rolle hat 12 Zoll Durchmesser und besteht aus Messing, sie tritt mit ihrer Axe auch vor die dem Oberwasser zugekehrte Thordfläche vor. Sie trägt eine starke Eisenstange, die durch mehrere Führungen bis gegen den zweiten Riegel hinaufreicht und hier als Schraubenspindel bearbeitet ist, wie Fig. 309 b zeigt. An dem zweiten und dritten Riegel ist ein gusseiserner Rahmen befestigt, der auf einer starken messingenen Schraubenmutter ruht. Durch Umdrehen der letztern kann man die Rolle in die passende Höhe einstellen.

Sehr nahe stimmt hiermit die Befestigung der Rollen an den Thoren des Docks zu Montrose überein. Die Rollen haben 18 Zoll Durchmesser und sind kegelförmig abgedreht: sie bestehen aus Gusseisen, ihre Axen dagegen aus Stahl. Das gusseiserne Pfannenlager trägt eine durch mehrere Führungen gesicherte 3 Zoll starke Stange aus Schmiedeeisen, die oben wieder in eine Schraubenspindel ausläuft. Die Mutter, aus Messing bestehend, lehnt sich oben gegen einen gusseisernen Rahmen, und trägt mittel desselben das Gewicht des Thores. Der Pfannenträger der Rolle wird aber durch eine gusseiserne Scheibe, unter deren Rand er eingreift, in der gehörigen Richtung gegen die Thordfläche gehalten.

Wesentlich verschieden von den eben beschriebenen Anordnungen zur Unterstützung der Thore durch Rollen sind diejenigen, die man in Liverpool vielfach ausgeführt sieht. Auch hier ist die Rolle am Fusse eines Stieles, und zwar auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thores befestigt. Derselbe besteht immer aus Holz, das Eigenthümliche dabei ist aber, dass sein Kopf nicht unmittelbar mit den obern Riegeln des Thores verbunden ist, sondern vielmehr mit einem langen gusseisernen Hebel, der bald über dem obern Rahm, bald zwischen demselben und dem ersten Riegel angebracht ist. Auch kommen noch insofern Verschiedenheiten dabei vor, als jener Stiel bald der Stützpunkt des Hebels bildet, also durch das Moment des langen Armes belastet wird, bald aber auch der kurze Hebelsarm diesen Stiel herabdrückt, indem eine kräftige Schraube den langen Arm hebt. Ein Vorzug dieser Einrichtungen gegen die früher beschriebenen

liegt darin, dass der Druck der Schraube an Verankerung der Hebelarme vermindert wird, die Schraube aber zu bewegen, oder die Rolle beweglicher einzusetzen ist, dagegen die Rolle mittelst jenes Endes des kürzeren Hebels bildet, so wird das Thor neben der Verankerung durch den kürzeren Hebelarm nicht nur einer sehr grossen Kraft gehoben. Dieses geschieht auch dann, wenn die Bahn, auf der die Rolle läuft, nicht ganz horizontal liegen sollte, die Rolle also bald etwas höher, bald etwas tiefer stände. Man bemerkt leicht, dass eine solche Unregelmässigkeit in der Belastung der Rolle bei den früher beschriebenen Einrichtungen nicht zu erreichen ist, indem dabei der Abstand des Punktes, an dem die Rolle auf der Bahn steht, von der Verankerung in der Bahn stattfindet, und die Rolle auf einer

Man hat eine ähnliche Einrichtung auch bei der Thore der neueren Zeit erhaltenen Schleusen des Cohorg-Systems angewandt, welches wegen der grossen Weite der Schleusen auf wegen der hohen Thore eine besonders wirksame Unterstützung bedurfte. Diese Thore, aus Holz bestehend, sind schon oben (104) beschrieben worden. Die Art, wie die Rollen daran befestigt sind, ist Fig. 333 dargestellt: a zeigt die obere Ansicht des Hebels, b die Seitenansicht desselben mit einer Verbindung mit dem Stiele, welcher auf der Rolle ruht. Letztere befindet sich in Fig. c, welche die Fortsetzung von Fig. b bildet. Fig. d ist die Ansicht dieses Stieles und der Rolle in der Längenebene des Thores und e ein vertikaler Querschnitt durch die Rolle, welche mit dem kürzeren Arme des Hebels verbunden ist.

Man bemerkt zunächst aus Fig. a, wie die Formgebung des Thores vorthellhaft benutzt ist, um die Verbindung des Hebels mit der Säule, die auf der Rolle steht, möglichst nahe an der von dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thores zu bringen. Dasselbe ist auch bei den erwähnten älteren Anwendungen dieses Art als bei den Liverpooller Schleusen stets der Fall.

Die Rolle, welche das Thor trägt, befindet sich darin, wie üblich, möglichst nahe an der Schlagkante, ist verankert nach dem von Fig. 332 zeigt. Sie verankert dabei nicht nur das Sacken des Thores, sondern erstreckt sich zum Theil



auch den Zapfen, auf welchem dieses aufsteht; die eigenthümliche Anordnung des letztern soll hierzu die Veranlassung gegeben haben.

Der Hebel, aus Gusseisen bestehend, und sowohl in vertikaler als horizontaler Richtung durch weit vortretende Rippen verstärkt, ist 16½ Fuss lang. Sein kürzerer Arm trägt mittelst einer gusseisernen Stütze, die man Fig. c im vertikalen Durchschnitte sieht, das Thor. Diese Stütze ist zwischen das obere und das zweite Riegelpaar eingeschoben und mittelst Schraubenbolzen daran befestigt. Zwei andre gusseiserne Stützen, die man Fig. a im horizontalen Querschnitte sieht, umfassen an zwei Stellen den Hebel und dienen dadurch theils zu seinem Schutze, theils halten sie ihn an seiner Stelle, ohne seine Bewegung in vertikaler Richtung zu verhindern. Im Innern der äussern Stütze ist der Hebel gabelförmig gespalten, und zwischen seinen beiden Armen ist mittelst zweier darin eingreifender Axen eine messingne Schraubenmutter befestigt. In letztere greift eine eiserne Schraubenspindel ein, die sonach die Unterstützung des längeren Hebelsarmes bildet. Durch Umdrehen der Spindel kann man jene erste Stütze und mit ihr das ganze Thor so weit heben, als nöthig ist.

Die Länge des kürzeren Hebelsarmes beträgt nur 1 Fuss 3 Zoll. Die Drehung des Hebels erfolgt um eine Axe, die sich über dem Kopfe des Stieles, also über der Rolle befindet. Der Kopf besteht aus zwei gusseisernen Blöcken, die durch drei gegeneinander getriebene Keile unter sich verbunden sind. Eine Klemmung war hier nicht zu vermeiden, indem der Hebel noch innerhalb der äussern Thorfläche, die Säule dagegen ausserhalb derselben angebracht werden musste. Der untere Theil des Kopfes ist gespalten und umfasst die hölzerne Säule, die senkrecht zum Fusse des Thores herabreicht. Dieselbe ist 1 Fuss breit, oben 9 Zoll und unten 1 Fuss stark. Sie liegt ihrer ganzen Länge nach frei auf der Fläche des Thores auf, ohne irgendwo durch einen Bügel, oder auf andre Weise gehalten zu werden. Dieses ist insofern auch nicht nöthig, als ihre beiden Enden sehr sicher befestigt sind, nämlich der Kopf an dem eben beschriebenen langen Hebel, und der Schuh, in welchen sie eingelassen ist, an einem zweiten kürzern Hebel.

Der erwähnte Schuh setzt sich bis zum untern Rande des Thores fort, er ist aber unterhalb der Platte, auf der der hölzerne



aufsteht, gespalten, und seine beiden Arme halten die Axe, welche der letzterwähnte kurze Hebel sich drehn kann. Dieser ist wieder zweiarmig; sein Stützpunkt ist die Axe der . Der eine Arm trägt, wie eben beschrieben, den hölzernen , und der andre, der in eine abgedrehte Axe ausläuft, trägt an einer darüber greifenden Pfanne den untern Rahm des es. Diese Anordnung ist von der früher beschriebenen wenig abweichend, da nur die Hälfte des Druckes, den das Thor auf die Säule übertragen wird, die andre Hälfte dagegen mittelbar den untern Rahm trifft. Ein zweiter Vortheil, der durch erreicht wird, besteht darin, dass die Rolle selbst mit Thore verbunden ist, und keine besondere Befestigung der , oder deren Schuhs gegen das Thor erforderlich wird.

Die Rolle, im Mittel 2 Fuss hoch, ist eigenthümlich angeordnet, indem sie aus zwei Rollen besteht, die durch eine gemeinsame Axe mit einander verbunden sind. Auf letzterer liegt Pfanne, die in den erwähnten kurzen Hebel eingelassen ist, dieser, wieder aus Gusseisen bestehend, ist so hochkantig montirt, dass ein Durchbiegen desselben nicht besorgt werden muss. Die beiden Rollen sind nicht cylindrisch, sondern kegelförmig abgedreht, und zwar nach der Fläche eines Kegels, dessen Spitze in der Drehungsaxe des Thores liegt.

Die Bahnen, auf welchen beide Rollen laufen, sind durch nach dem Kreise gebogene sehr schwere Schiene gebildet. Jede ist 2 Fuss breit und 6 Zoll hoch. Indem ihre Mitte auf den Rollen nicht berührt wird, so konnte sie hier, nämlich über der Rinne zwischen beiden Bahnen durch Bolzen befestigt werden, die man in die Werksteine eingelassen und darin verankert hatte.

Diese Befestigung der Bahn kann nicht gewählt werden, wenn eine Rolle das Thor trägt, die also in der Mittellinie der Bahn läuft. Es bleibt alsdann nur übrig, die Schiene stellenweise zu verbreiten, oder sie mit angeschweissten Lappen zu versehen, in welche die Bolzen eingreifen. Man pflegt alsdann die Lappen abwechselnd an der einen und der andern Seite anzubringen. Jedenfalls muss aber sowohl auf die sehr sichere Befestigung, als auch auf die genaue Bearbeitung der Schiene grosse Rücksicht verwendet werden, weil ohne dieses die Rolle soviel Schaden, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

Widerstand findet, dass ihr Nutzen fast ganz vereitelt wird. Anwendung gusseiserner Bahnen, wie solche allerdings in früh-  
Zeit üblich war, ist aber insofern nicht zu empfehlen, als  
Bruch derselben bei starken Erschütterungen, die doch nicht  
zu vermeiden sind, besorgt werden muss.

Endlich hat man in neuester Zeit zuweilen, jedoch wohl  
bei grossen Schleusenthoren, ein anderes Mittel angewendet,  
das Sacken derselben zu verhindern. Es besteht darin, dass  
das Thor nicht nur auf der Seite nach dem Oberwasser, sondern  
auch nach dem Unterwasser mit dichter Bekleidung versehen,  
dadurch im Innern des Thores einen wasserdicht ab-  
geschlossenen Raum darstellt. Wird derselbe ausgepumpt,  
vermindert sich dadurch das Gewicht des Thores, und bei  
gewöhnlichen Stärke der Riegel und bei hohem Wasserstande  
dem Thore kann das Gewicht leicht so weit vermindert werden,  
dass es dem Drucke gleichkommt, den das Wasser gegen  
untere Fläche des Thores ausübt. Es würde nun allerdings  
angemessen sein, das Gewicht des Thores auf diese Art  
aufzuheben, oder es so zu erleichtern, dass es vollständig  
schwimmt, weil es in diesem Falle das Halsband ausheben  
könnte, dagegen liegt ohne Zweifel ein grosser Vortheil darin,  
den Druck des Thores beliebig vermindern zu können, und  
durch sowohl die Bewegung desselben zu erleichtern, als  
dem Sacken vorzubeugen. Man kann aber in der That dra-  
den des Thores beliebig darstellen, indem man nicht alles Wasser  
auspumpt, sondern eine angemessene Quantität desselben noch  
lässt. Es darf kaum erwähnt werden, dass der Wasserdruck  
der das Thor aufwärts unterstützt, oder dessen Gewicht theil-  
aufhebt, bei geschlossenen Thoren allein vom Stande des Ober-  
wassers abhängt, denn nur dieses tritt gegen die untere Fläche  
des Thores. Der Stand des Unterwassers bedingt dagegen  
Reibung zwischen den Thoren und den Wendenischen und Schwellen.  
Ein Heben der Thore wird demnach weniger zu  
sorgen sein, wenn das Unterwasser niedrig, als wenn es hoch  
steht. Der Grund davon ist aber nur darin zu suchen, dass  
im ersten Falle der horizontale Druck gegen das Thor und mit  
die Reibung zwischen den berührenden Flächen grösser ist.  
Das Unterwasser tritt nur gegen die vertikale Fläche des Thores.

des Ersteren kann daher das Letztere unmittelbar weder noch senken.

den aufwärts gekehrten Druck des Wassers in der besten Weise zur Unterstützung des Thors benutzen zu können, so muß man dafür sorgen, dass jeder beliebige Wasserstand im Thor sich mit Leichtigkeit darstellen lässt, und geschieht, indem man sowohl eine Pumpe einstellt, die unter dem Rahm oder der Bodenplatte herabreicht, als auch tiefer in der Tiefe ein Ventil zum Einlassen des Wassers anbringt, das man beliebig öffnen und wasserdicht schliessen kann. Diese Anordnung hat sich in manchen Fällen sehr nützlich bewiesen, und namentlich soll die Bewegung grosser Thore dabei erleichtert werden. Wenn man aber zum jedesmaligen Füllen des Thores trübes Wasser benutzt, wie namentlich bei Docken, so ist es kaum zu vermeiden, dass der Uebelstand eintritt, dass die erdigen Theile, die im Wasser schweben, im Thor abgelagert werden, und nach und nach in so hohem Grade sich anhäufen, dass das Thor stärker belastet wird, als wenn es in gewöhnlicher Weise nur mit einer Bekleidung erbaut wäre. Man muß daher noch dafür sorgen, dass das Thor von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann. Hierzu dienen grosse Einsteige-Oeffnungen in den Mannlöchern in den Dampfkesseln, doch lassen sich wohl nur bei Anwendung der Eisen-Constructionen einsteigen, weil man die hölzernen Riegel nicht durchschneiden darf. Nach den bisher beschriebenen Vorrichtungen werden die Thore fortwährend und in gleicher Weise unterstützt, mögen sie geöffnet oder geschlossen sein, oder gerade bewegt werden. Bei verschiedenen Zuständen ist indessen die Gefahr des Versinkens keineswegs gleich gross, und im Allgemeinen darf man annehmen, dass derjenige Zustand in dieser Beziehung am gefährlichsten ist, in welchem das Thor die längste Zeit hindurch still steht. Die Formveränderung erfolgt nämlich dadurch, dass die Verbindung beim Nachgeben einzelner Theile und namentlich beim Andrücken der Bolzen und Nägel in die berührenden Holzstücke gelockert wird; dieses geschieht aber nicht plötzlich, vielmehr bedarf es eine gewisse Dauer des Druckes hierzu erforderlich. Der Zustand, der nur kurze Zeit anhält, wie das Öffnen und Schliessen der Thore, ist demnach, wenn dabei nicht etwa ein

heftiges Stossen oder starkes Biegen eintritt, am wenigsten denklich. Viel wichtiger ist es, die Thore in solchen Stellung die sie lange Zeit hindurch einnehmen, gehörig zu unterstützen und hierzu bietet sich immer leicht die Gelegenheit dar. Wenn die Thore indessen geschlossen und zugleich einem merklichen Wasserdrucke ausgesetzt sind, so verhindert schon die hierdurch verursachte Reibung zwischen dem untern Rahm und der Schwellen das Herabsinken des Thores, und sonach kommt es zugwise nur darauf an, letzteres, wenn es geöffnet ist, möglichst sicher zu unterstützen. Dieses Bedürfniss stellt sich bei solchen Thoren, die nur zur Zeit der höchsten Wasserstände benutzt werden, am so dringender heraus, als sie auch besonders schwer sind, und bei den gewöhnlichen Wasserständen nur die kleinsten Theile eintauchen, daher beinahe ihr volles Gewicht beständig in den Zapfen und Halsbändern hängt.

Eine solche Unterstützung der Thore in den Thorkammern ist sehr leicht darzustellen. Am häufigsten verfährt man zu diesem Zwecke jede Schlagsäule an der dem Oberwasser zugekehrten Seite mit einem kurzen, aber starken eisernen Arme, der, wenn das Thor geöffnet ist, über die Mauer tritt. In diesen Arm greift eine starke Schraube, die durch Umdrehen auf die Mauer der Thorkammer aufgestellt wird. Damit sie nicht etwa die Deckplatte sprengt, befestigt man darauf eine starke gusseiserne Scheibe, die mit einer dem Fusse der Schraube entsprechenden Höhlung versehen ist. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass das Thor auch ganz sicher in der Nische gehalten wird. Soll es aber gebraucht und daher geschlossen werden, so muss zuerst die Schraube mittelst eines kräftigen Schlüssel gelöst werden. Zuweilen lässt man auch an der Schlagsäule die Schraubenspindel bis zum Thorkammerboden herabgehen. Diese Anordnung ist allerdings bedeutend kostbarer in der ersten Anlage und schwieriger in der Unterhaltung; sie gewährt aber den Vortheil, dass man das geschlossene Thor eben sowohl, wie das geöffnete unterstützen kann, doch müssen alsdann zwei dieser Scheiben, nämlich für beide Stellungen des Thores in den Thorkammern verlegt sein.

Bei den trocknen Docks, worin Schiffe gebaut und repariert werden, sind die Thore fast beständig geschlossen. Man

Während der kurzen Zeit, dass Schiffe ein- oder ausgehn, denselben kommt es also vorzugsweise auf die Unterstützung, und sie geschlossen sind, an. Bei einem dieser Docks Liverpool hatte man zu diesem Zwecke an jedem Thore zwei, ähnlich denen in Fig. 333 dargestellten, angebracht. Die Thore waren indessen einarmig, indem sie an den äussern Enden, dicht neben der Schlag- und Wendesäule auf hölzernem Pfeiler sich stützten. Letztere standen auf dem Thorkammerboden, bestanden von etwa 8 Zoll befanden sich die eisernen Säulen, auf deren das Thor gehoben wurde, und jeder Hebel erstreckte sich nahe in die Mitte des Thores, so dass deren Enden nur einen geringen Zwischenraum zwischen sich frei liessen. Diese Enden waren mit Schraubenmuttern versehen, und indem man die schraubenförmigen starken Schrauben-Spindeln so drehte, dass die eisernen Hebelsarme gehoben wurden, so stellte man jedes Thor auf die beiden Stiele, und verhinderte dadurch nicht nur das Sacken des Thores, sondern entlastete auch zugleich die Zapfen unter den Wendesäulen.

In manchen Fällen ist man gezwungen, noch eine andre Art Unterstützung der Thore anzubringen, wodurch dieselben, wenn sie geschlossen sind, verhindert werden, sich von selbst zu öffnen. Im Allgemeinen wird das geschlossene Schleusenthor durch den Wasserdruck sehr sicher in seiner Stellung gehalten, selbst wenn der Wasserdruck aufhört, oder noch nicht eingesetzt ist, so fehlt bei der geringen Bewegung des Wasserspiegels in Flüssen und Kanälen gemeinhin jede Veranlassung, durch die Thore sich von selbst öffnen könnten. Wenn dann das Wasser in einem Flusse bis über den Wasserspiegel der nächsten Kanalstrecke steigt, so kann das Schleusenthor, welches nach der Kanalseite aufschlägt, den Eintritt des Hochwassers in denselben nicht verhindern, und muss sich öffnen. Um man das Hochwasser vom Kanale abhalten, so muss man besondere Fluth-Thore (§. 100) anbringen.

Der Fall, von dem hier die Rede ist, tritt nur ein, wenn ein starker Wellenschlag sich bis an die Schleuse erstreckt, und der Wasserstand hinter den Thoren mit demjenigen vor denselben übereinstimmt. Sobald eine Welle gegen die Thore tritt, übt sie auf dieselben einen Druck aus, der ihrer Höhe über dem Binnen-



wasserstande entspricht, sobald aber unmittelbar darauf die Senkung der Wasseroberfläche neben den Thoren erfolgt, wobei der Wasserstand an der äussern Seite geringer, als an der innern ist, so stellt sich ein Druck in entgegengesetzter Richtung ein. Die Thore werden demnach, und zwar eben sowohl, wenn sie Fluth- als wenn sie Ebbe-Thore sind, von jeder Stelle einmal an- und stossen und einmal zurückgeworfen. Dass dieses Schlagen der Thore von heftigen Erschütterungen begleitet und denselben daher sehr nachtheilig ist, bedarf kaum der Erwähnung. Man könnte die Thore allerdings leicht dieser Gefahr entziehen, wenn man sie ganz öffnete, alsdann würde aber ihr späteres Schliessen sehr gefährlicher werden. Die Schleusen eines Docks bestehen gewöhnlich aus einem einzelnen Haupte, und müssen den Wasserstand der gewöhnlichen Fluth im Dock zurückhalten. Sobald ausser derselbe Wasserstand eingetreten ist, öffnet man die Thore, um die Schiffe aus- und einzulassen, man schliesst sie aber während des Hochwassers, damit die Schiffe im Dock flott bleiben. Dieses Schliessen muss schon erfolgen, ehe ein starkes Fallen des äussern Wassers eintritt, weil sonst die Strömung in der Schleuse so heftig wird, dass die Thore mit Gewalt zuschlagen. Man ist demnach gezwungen, die Thore schon zu schliessen, während der Wasserstand an beiden Seiten nahe derselbe ist, und sonach die gegenlaufenden Wellen noch die Thore hin und her stossen können.

Bei Schleusen, die ihrer Lage nach nur selten von starkem Wellenschlage getroffen werden, begnügt man sich in solchen Fällen die vortretenden Köpfe der beiden Schlagsäulen zusammenzubinden oder auch durch Anbringung leichter Absteifungen gegen die Schleusenmauern dieses Öffnen der Thore zu verhindern. Wo dagegen häufig ein starker Wellenschlag vor der Schleuse sich bildet, so muss man schon bei Erbauung derselben für passende und leicht in Wirksamkeit zu setzende Anordnungen dafür sorgen, dass dieser Gefahr jedesmal schnell und sicher begegnet werden kann. Hacken oder Ueberwürfe an den Köpfen der Schlagsäulen, womit man diese mit einander verbindet, sind bei starkem Wellenschlage und an grossen Thoren nicht als genügend anzusehen, indem letztere dabei noch durchbiegen und beschädigt werden können. Sicherer ist es, wie an der bereits wiederholentlich

## 108. Oeffnen und Schliessen der Thore. 199

in Schleuse in Cherbourg geschehn, Riegel anzubringen, den den Rollen, worauf die Thore aufstehn, in eiserne im Kammerboden geschoben werden. Die zum Schliessen dienenden Ketten können, wenn sie in angemessener das Thor fassen, dieses auch sehr sicher an seiner Stelle

Ausserdem hat man aber zuweilen zu diesem Zwecke besondere Arme in den Thornischen angebracht, die sich um hte Axen, an der der Wendenische gegenüber befindlichen rehen, und wenn sie zurückgeschlagen sind, hinter dem in der Thornische liegen. Sobald man diese vortreten berühren sie das geschlossene Thor, und indem sie sich eine darauf befestigte und passend zugeschnittene Bohle setzen, halten sie das Thor sehr sicher in seiner Stellung.

erwähnt, dass man bei dieser Einrichtung sogar Ebbe- le Flaththore benutzen und mit denselben etwas höheren Wasserstand von dem Bassin oder Dock abhalten könne.

### §. 108.

#### Oeffnen und Schliessen der Thore.

ter den Widerständen, welche beim Oeffnen und sen der Thore überwunden werden müssen, wäre zunächst ibung am Zapfen und am Halsbände zu erwähnen. kt in der Nähe der Drehungsaxe und verursacht daher, sie auch an sich bedeutend sein sollte, bei dem langen arme, womit die Thore jedesmal bewegt werden, keinen erten Widerstand. Sie ist aber von der Glätte der sich beln Flächen und zugleich von der richtigen Stellung der , Pfannen und Halsbänder abhängig. Wenn alle diese sorgfältig bearbeitet und richtig verbunden sind, zugleich eine so feste und sichere Lage haben, dass sie sich nicht eben, noch auch bedeutend abnutzen können, so ist diese g sehr geringfügig, namentlich da man dieselbe durch Ein- ren noch wesentlich vermindern kann. Das Halsband kann, es stets über Wasser liegt, auch leicht in gehöriger re erhalten werden. Beim untern Zapfen und der Pfanne es nicht der Fall, doch wird, wie bereits erwähnt worden, ame vor dem Einhängen des Thores mit Seife eingestrichen,

und die Erfahrung zeigt, dass letztere dauernd darin bleibt, und der Spielraum nicht etwa gar zu gross ist. Es muss indessen dahin gestellt bleiben, ob dieses Einschmieren des untern Zapfens wirklich nöthig ist, da das Wasser, welches ihn dauernd benetzt, in gewissem Grade, und vielleicht vollständig schon die Schmiere ersetzt. Man bemerkt wenigstens, dass eiserne Axen, die vom Wasser bedeckt werden, sich nicht merklich abnutzen, eben so, als wenn sie unter einer guten fetten Schmiere gehalten würden, eine sehr feine Politur annehmen. Wie geringe die Axen und Zapfenreibung selbst bei gewöhnlichen Schleusenthoren ist, ergiebt sich gemeinhin beim Einhängen derselben, bevor die Schleuse mit Wasser gefüllt wird. Man wird oft davon überrascht, welcher geringe Druck gegen die Schlagsäule zur Bewegung des Thores schon genügt.

Die Reibung der Wendesäule gegen die Wendennische ist wegen der rauhen Oberfläche der letztern viel bedeutender als die Zapfenreibung, doch wird das Moment derselben durch den Widerstand, den sie bei der Bewegung des Thores verursacht, wieder dadurch gemässigt, dass sie am Umfange der Wendesäule, also in geringer Entfernung von der Drehungsachse wirksam ist. Nichts desto weniger würde sie sehr hinderlich seyn, falls die beiden Flächen einander dauernd scharf berührten; dies geschieht indessen nicht. Einiger Spielraum pflegt stets im Halbbande zu bleiben, man lässt auch wohl absichtlich einen solchen bestehen, und die Folge davon ist, dass beim Aufhören des Wasserdrukkes das Thor sogleich etwas überweicht, und dadurch der obere Theil der Wendesäule sich von der Höhlung der Wendennische entfernt. Der untere Theil der Säule bleibt freilich in der Nische, er würde sogar, wenn auch hier ein Spielraum gelassen wäre, sich noch stärker hineindrängen, aber der Grund weshalb das geschlossene Thor sich scharf in die Wendennische legen muss, findet auf diesen untern Theil keine Anwendung, indem das geschlossene Thor hier schon durch die Schlagsäule vollständig unterstützt wird. Es würde daher ohne Nachtheil seyn, wenn die Wendennische in der Höhe von einigen Füssen etwas tiefer ausgearbeitet wäre, wodurch die hier eintretende Reibung bedeutend vermindert werden könnte. Es ist mir nicht bekannt, dass man dieses Mittel zur Verminderung des Widerstandes

## 108. Oeffnen und Schliessen der Thore. 201

t habe, und wenn dasselbe auch keineswegs besonders em-  
 1 werden soll, so ist es doch unschädlich und im Erfolge  
 wirksamer, als das oben §. 103 ausführlich beschriebene  
 ren, wonach die Drehungsaxe nicht in die Axe der cylin-  
 n Fläche, vielmehr in geringer Entfernung von derselben  
 wird. Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden,  
 e letztere Anordnung ihren Zweck keineswegs gleichmässig  
 1 Stellungen des Thores erfüllt. Am vollständigsten ge-  
 dieses, wenn das Thor ganz geöffnet ist, oder in der  
 sche liegt, wenn es sich dagegen an die Schlagschwelle  
 oder noch geschlossen ist, so berühren die Flächen sich  
 1, und die Reibung wird demnach im Anfange der Bewegung  
 egs dadurch aufgehoben.

e Drehung des Thores kann sehr bedeutend erschwert  
 , wenn die Drehungsaxe nicht in der Richtung des  
 3 liegt, alsdann bleibt nämlich der Schwerpunkt des Thores  
 sen verschiedenen Stellungen nicht in gleicher Höhe, und  
 10r muss bei gewissen Bewegungen gehoben werden.  
 1rzu erforderliche Kraft ist theils von der Abweichung der  
 g der Drehungsaxe und theils von dem Gewichte des Thores  
 ig. Selbst bei geringer Ungenauigkeit der Aufstellung wird  
 ch der Widerstand schon wesentlich vergrössert, und es  
 1et sich hiernach die Vorschrift, dass man durch sorg-

Ablothen die Axe der innern cylindrischen Fläche des  
 ades, bei Befestigung desselben, jedesmal lothrecht über den  
 Zapfen oder die Pfanne bringen muss. Dabei ist jedoch  
 afür zu sorgen, dass diese lothrechte Linie die angemessene  
 gegen die Krümmung der Wendenische erhalte.

er grösste Widerstand, den ein gut eingehängtes Thor der  
 ang entgegensetzt, rührt von dem Wasser her, welches  
 r einen Seite fortgedrängt, und gezwungen wird, um die  
 säule herum nach der andern Seite des Thores zu fliessen.

Widerstand ist offenbar durch die Höhe und Breite des  
 und ausserdem durch die Geschwindigkeit, womit dasselbe  
 wird, bedingt. Man vermindert denselben oft dadurch,  
 an das Schütz während der Bewegung geöffnet lässt, doch  
 er auch in diesem Falle noch immer so bedeutend, dass  
 schnelle Bewegung des Thores unmöglich wird. Man be-

schleunigt dieselbe, soweit es geschehn kann, um den An-  
 der Schiffe beim Durchschleusen nicht zu sehr auszu-  
 Dieser Widerstand ist indessen keineswegs über die ganze  
 des Thores gleichmässig vertheilt, vielmehr trifft er nur den  
 in das Wasser eintauchenden Theil. Wenn demnach  
 oder Druck, der die Bewegung des Thores veranlassen soll  
 den Kopf der Schlagsäule angebracht wird, wie gewöhn-  
 schiebt, so ist ein Durchbiegen des Thores unvermeid-  
 bei grossen Dimensionen des letztern so bedeutend werde-  
 dass es die feste Verbindung gefährdet.

Das Wasser setzt noch in andrer Beziehung der He-  
 des Thores einen Widerstand entgegen. Die Thore wer-  
 lich geöffnet, sobald der Wasserstand an beiden Seiten  
 sich ins Niveau gestellt hat; die Hebung oder Senkung des  
 spiegels in der Kammer erfolgt aber keineswegs gleich-  
 Sie tritt anfangs, so lange die Niveaudifferenz noch bedeu-  
 rasch ein, verzögert sich aber nach und nach und geht  
 wenn beide Niveaus beinahe in gleicher Höhe sich befinden  
 noch sehr langsam von statten. Man wartet daher ge-  
 den Zeitpunkt dieser vollständigen Ausgleichung nicht  
 bemüht sich vielmehr, durch verstärkten Zug die Thore  
 zu öffnen, während ein Wasserdruk von 1 Zoll ge-  
 wahl ein höherer noch davor steht. Auch dieser Druck  
 auf den im Wasser befindlichen Theil des Thores, und  
 daher, wenn das Thor oben gefasst wird, ebenso wie der  
 stand des Wassers ein Durchbiegen, welches gemeinhin  
 augenscheinlich wahrgenommen werden kann.

In einzelnen Fällen, und namentlich bei Dockschleu-  
 auch beim Schliessen der Thore ein ähnliches Durch-  
 Folge eines andern Widerstandes ein. Wenn nämlich ein  
 mung durch die Schleuse geht, so würden die Thore, ge-  
 überlassen, sehr heftig zuschlagen, und besonders we-  
 früher, als das andre die Schlagschwelle erreichte, der  
 des Brechens ausgesetzt sein. Um dieses zu verhüten,  
 man daher nicht ihre Bewegung, sondern hemmt sie  
 um sie nicht zu rasch werden zu lassen, und alsdann  
 das Wasser vor dem Thore etwas auf, und bildet dade-



st, der demjenigen vor der vollständigen Ausgleichung beim An- oder Leeren der Kammer vollkommen entspricht.

Wenn das Thor auf einer Rolle ruht, so entsteht bei der Bewegung noch ein neuer, und oft sehr bedeutender Widerstand der Reibung sowohl an der Axe, als am Umfange der Rolle. Ungünstige Verhältniss des Durchmessers der Axe zu dem Durchmesser der Rolle, wovon schon oben die Rede war, gestattet nicht, diese Bewegung auf ein geringes Maass zurückzuführen, und sie wird noch wesentlich vermehrt, wenn die Bahn an sich uneben und mit Sand bedeckt wird. Höchst ungünstig ist dabei noch der Umstand, dass dieser Widerstand gerade am untersten Rande des Thores und sogar noch unter demselben eintritt. Wollte man daher durch einen Zug überwinden, der in gewöhnlicher Weise am Kopfe der Schlagsäule angebracht wäre, so würde die Bewegung des Thores in höchst bedenklichem Grade eintreten.

Es kann endlich auch bei Thoren, die nicht auf Rollen ruhen, ein ähnlicher Widerstand vorkommen, nämlich wenn der Thorkammerboden, der wegen seiner tiefen Lage vorzugsweise der Ablagerung des Niederschlages ausgesetzt ist, damit stark angefüllt wird, dass das untere Rahm oder der Fuss der Schlagsäule denselben berührt. Schon eine starke Ablagerung von Schlamm kann die Bewegung des Thores in hohem Grade erschweren. Man muss daher nicht unterlassen, die Thorkammer durch Handbagger von Zeit zu Zeit zu reinigen. Namentlich bei Dockschleusen ist diese Vorsicht dringend nöthig, und muss besonders nach dem Abflusse jedes Hochwassers beachtet werden. Folgendes wird bei Gelegenheit der Umläufe von einer besseren Anordnung derselben die Rede sein, wodurch die Abflüsse in den Thorkammern von Dockschleusen durch Spülung erleichtert werden können.

Es ergibt sich aus dieser allgemeinen Betrachtung der Widerstände, welche die Bewegung der Thore erschweren, dass dieselben sorgfältiger Ausführung und Aufstellung der Thore und genauer Aufsicht während des Gebrauches der Schleuse wohl auf gewisses Maass sich beschränken lassen, dass sie aber dennoch immer bedeutend bleiben und daher, namentlich bei grossen Thoren, manche mechanische Vorrichtungen zu ihrer Ueberwindung nöthig sind. Es wäre indessen keineswegs angemessen, die

mechanischen Mittel zur Verstärkung des Druckes oder Zug weit auszudehnen, weil alsdann die Bewegung zu sehr von auch neue Widerstände durch die Reibung in den Getriebes Schrauben und dergleichen herbeigeführt würden, welche die Vermehrung der erforderlichen Kraft bedingen. Kleinere in Kanalschleusen, deren Weite bis 18 Fuss beträgt, werden mehin nur durch einen Mann bewegt: bei grössern Schleusen ist eine grössere Anzahl von Arbeitern nothwendig. Die welche zum Oeffnen der grossen Dockschleusen dienen, aber mit je 10 bis 12 Arbeitern auch wohl noch stärker

Es muss bei dieser Gelegenheit wieder an die Bem erinnert werden, die bei Gelegenheit der Schöpfmaschinen sten Theile dieses Werkes §. 46 gemacht ist, dass nämlich Kraft des Menschen in der Art in Anspruch genommen muss, wie sie dem Bau des Körpers am meisten zusagt. nigen Glieder, welche mit den stärksten Muskeln versehen können auch ohne sobald zu ermüden, die grösste Kraft Es kommt also auch im vorliegenden Falle darauf an, die ter so wirken zu lassen, dass weniger die Kraft der Arme die der Schenkel thätig ist. Die Anwendung von Kurkeln sich hier leicht vermeiden lassen, ist daher nicht zweckm dagegen empfiehlt sich die Erdwinde und eben so an Drehbaum, auf den genau in gleicher Weise wie auf die die Kraft übertragen wird. In England sind in der Thä allgemein nur diese beiden Vorrichtungen zum Bewegen der senthore üblich.

Ferner ergiebt sich aus den vorstehenden Betrachtungen es keineswegs zweckmässig ist, den Zug oder Druck den Kopf der Schlagsäule wirken zu lassen. Am Theile erfährt das Thor, von der geringen Reibung im Wasser abgesehen, gar keinen Widerstand. Solcher tritt vorzugsweise dem Theile des Thores ein, der in das Wasser taucht. In manchen Fällen bildet sich der stärkste Widerstand gegen dem unteren Rande des Thores und sogar unter demselben. Bei neuen Thoren ist die Verbindung verhältnissmässig viel inniger fester, als bei grössern, woher die Biegung in Folge der verschiedenen Höhen, in welchen Kraft und Last das Thor treffen, geringerem Maasse eintritt. Man pflegt daher bei Ersteren

we Einrichtung zu wählen, und die Kraft auf den obern End des Thores wirken zu lassen. Bei den grossen Thoren, wie bei den Dockschleusen und namentlich der Dockschleusen wagt man aber, dieses noch zu thun, vielmehr fasst man die Thore in einer Höhe, die den Widerständen entsprechenden Höhe. Auf diese Weise wird das Thor weit weniger angegriffen, und die jedesmalige Durch-  
 ung desselben, wenn auch nicht ganz verhindert, doch wesentlich verringert.

Unter den Vorrichtungen, deren man sich zum Drehen der Thore bedient, ist wegen der häufigen Anwendung zunächst der Drehbaum zu nennen. Derselbe hat, wie bereits erwähnt, zum Zweck, das Sacken des Thores zu verhindern, indem er ein Gegengewicht bildet. In beiden Beziehungen ist es nöthig, dass die Länge des Drehbaums den Dimensionen des Thores entspreche, aber er liegt auch der Grund, weshalb der Drehbaum bei grossen Thoren seine Anwendbarkeit verliert. Die Länge des über die Wende-  
 säule hinaustretenden Armes pflegt der anderthalbfachen Länge des Thores gleich zu sein. Bei den kleinern Kanalschleusen in England findet man fast ohne Ausnahme den Drehbaum, in Frankreich und Holland wird er vorzugsweise angewendet und eben so ist er auch an unsern Schleusen, besonders bei kleineren nicht selten.

Bei dem Ill-Kanale, der die Verbindung zwischen Strassburg und dem Rhein darstellt, und nicht nur von Rheinschiffen, sondern auch von Dampfschiffen befahren wird, hat man den Drehbaum in einer eigenthümlichen Verbindung mit andern mechanischen Vorrichtungen angewendet. Die Schleuse ist etwa 38 Fuss weit, man entschloss sich zu der gewählten Anordnung vorzugs-  
 weise wohl nur deshalb, weil es an Raum fehlte, um die sonst üblichen Winden und Zugstangen benutzen zu können. Am Kopfe der Schleuse ist an der Wende-  
 säule ein eiserner Wendesäule ist ein sehr starker gusseiserner Arm mit dem Drehbaum von 12 Fuss Länge angebracht, derselbe trägt am andern Ende eine Säule, worin die Axe eines Getriebes befestigt ist. Das Getriebe, welches sich unten befindet, greift in einen auf der Unterseite des Hauptes aufliegenden, und daran befestigten gezahnten Zahnrad. Am obern Ende trägt jene Axe ein Rad, in welches eine Schraube eingreift, und an der letztern befindet sich die Handhel, womit man das Thor bewegt. An dieser Bewegung neh-

men auch die Schraube und das Getriebe Theil, der Arbeiter, die Kurbel dreht, muss daher fortwährend seine Stelle verändern. Dieser Umstand ist wohl nicht als besonders unbequem anzusehen, aber jedenfalls wird das Thor sehr stark angegriffen, indem es an der Wendesäule selbst dreht, und ausserdem erfolgt Bewegung, wegen der Benutzung der Schraube, auch langsam.

Eine andre Vorrichtung zur Bewegung der Thore, die besonders in Deutschland und Frankreich vielfach benutzt wird, ist die Zugstange. Sie besteht in einer Stange oder starken Leiste, die mittelst eines Bolzen, um welchen sie sich drehen kann, an den Kopf der Schlagsäule befestigt ist. Indem man von der Schleusenmauer aus die Stange anzieht, so öffnet man das Thor, dasselbe wird aber geschlossen, sobald man sie zurückdrückt. Zur Erleichterung ihres Gebrauches hat man sie mit verschiedenartigen Nebentheilen und mechanischen Vorrichtungen versehen. Die einfachste darunter ist ohne Zweifel diejenige, welche man zuweilen bei alten und wenig benutzten Schleusen noch vorfindet. Die Stange ist nämlich am Ende mit einem Querriegel versehen, um den Zug und Druck etwas bequemer daran ausüben zu können, als wenn man die Stange unmittelbar fassen müsste.

Häufig wird die Zugstange mit einer Winde in Verbindung gesetzt. Man befestigt nämlich ein Tau, oder auch wohl eine Kette, die zwei- oder dreimal um die Winde geschlungen ist, gegen beide Enden der Stange. Indem alsdann die Winde nach der einen oder der andern Seite gedreht wird, schliesst oder öffnet sich das Thor. Dabei ist es keineswegs nothwendig, dass das Tau oder die Kette scharf gespannt werde, wobei die Stange gekrümmt und leicht zerbrechen würde, ganz schlaff darf das Tau auch nicht werden, weil in diesem Falle die Spannung in dem nicht angezogenen Theile desselben und damit zugleich die Reibung gegen den Umfang der Winde aufhören könnte, das Tau also darüber fortgleiten würde. Es ist daher angemessen, eine Vorrichtung anzubringen, wodurch die Spannung soweit solche erforderlich ist, sich immer leicht darstellen lässt; eine einfache Schraube ist hierzu am meisten geeignet.

Die Winde kann hierbei eben sowohl horizontal, als auch vertikal aufgestellt sein. Beides kommt häufig vor. Im erst-

Man bedarf man keiner besondern Rolle, auf welcher die Zugstange liegt; sie liegt entweder auf der Winde, oder hängt unter derselben. Wenn Ersteres geschieht, so befindet sich die Stange auf einer Höhe, dass sie auf eine höchst unbequeme Weise die Winde auf der Schleusenmauer unterbricht, denn die Winde muss sehr hoch angebracht sein, dass deren Arme nicht die Mauer berühren. Wenn dagegen die Stange unter der Winde hängt, so kann sich allerdings die erforderliche Spannung im Tau immer selbst dar, aber indem sie nie nachlässt und die Stange nur an den Enden unterstützt ist, so biegt diese sehr leicht nach und ist alsdann nicht mehr stark genug, um beim Schliessen des Thores den erforderlichen Druck auszuüben.

Weit vortheilhafter ist es daher, eine vertikale, oder eine sogenannte Erdwinde anzubringen. Fig. 334 zeigt eine solche, zwar von der Einrichtung, wie sie bei neuern Französischen Schleusen häufig vorkommt. Die eiserne Axe derselben, etwa zwei Zoll und oben einen Zoll stark, ist in die Mauer gesetzt, und darauf hängt die Winde selbst, die gewöhnlich ganz aus Gusseisen besteht. Der Kopf der letztern, der mit den Oeffnungen zum Einsetzen zweier hölzernen Kreuzarme versehen ist, ist massiv. Der Mantel der Winde mit dem untern vortretenden Ende hat dagegen nur eine geringe Wandstärke, während zu der gehörigen Befestigung unten noch eine ausgedrehte Pfanne gesetzt ist, welche über den Fuss der Axe greift. Die Zugstange muss mittelst einer horizontalen Rolle, die gewöhnlich aus Holz besteht, und 4 Zoll stark und 30 Zoll lang ist, unterstützt werden. Die sonstige Einrichtung und zugleich die oben erwähnte Schraube zum Anspannen des Taus ergibt sich aus der Figur. Man pflegt die Zugstange in diesem Falle und eben so, wenn sie unter der horizontalen Winde hängt, in der Art zu befestigen, dass sie stets in horizontaler Lage bleibt. Die Schlagsäule muss daher oben bis zur Höhe der Rolle neben der Erdwinde verlängert sein. Der Weg, den die Schlagsäule bei der Drehung des Thores beschreibt, fällt nicht in eine gerade Linie, daher verändert sich auch die Richtung der Zugstange. Im Ort, wo die Winde aufzustellen ist, bestimmt man in der That, dass man durch die beiden äussersten Stellungen der Schlagsäule eine gerade Linie, und zu dieser parallel eine zweite zieht,



Letztere muss die Pfeilhöhe des Bogens, den die Schläge ihrer Bewegung beschreibt, halbiren. Nach dieser letztern wird die Aufstellung der Erdwinde und zugleich die Richtung der zur Unterstützung der Stange dienenden bestimmt. Die alsdann noch eintretenden Abweichungen sind unbedeutend, dass sie nicht als nachtheilig angesehen werden. Es ist aber vortheilhaft, die Rolle hinter die Winde zu bringen, wodurch die Stange, namentlich wenn das Thor ist, etwas besser unterstützt wird.

Diese Vorrichtung ist, abgesehen von dem Uebelstande, dass die Arbeiter, welche die Erdwinde in Bewegung setzen, die Zugstange jedesmal hinüber steigen müssen, in jeder Hinsicht zweckmässig. Sie ist auch geeignet, beim Oeffnen der Schleuse einen sehr starken Zug darzustellen. Es muss aber noch bemerkt werden, dass die Kosten sich ohne wesentlichen Nachtheil noch vermindern lassen, dass man die Winde aus Holz und derselben nur im Kopfe die eiserne Pfanne und die Ausfütterung in Eisen giebt, womit sie die Axe berührt.

Nichts desto weniger wird die Zugstange häufig mit Zähnen versehen, womit sie in ein an der Winde angebrachtes gezahntes Rad eingreift. Dabei kommen wieder die Fälle vor, dass die Winde entweder um eine horizontale, oder eine vertikale Axe sich dreht. Im ersten Falle liegt die Zugstange auf dem gezahnten Rade, indem ihre Zähne abwärts gekrümmt sind und man braucht alsdann keine weitere Vorrichtung zum Festhalten der Stange, als dass das gezahnte Rad an beiden Seiten vorstehenden Rändern versehen ist. Wenn dagegen die Winde senkrecht steht, das gezahnte Rad daher von der Seite der Winde die Zähne der Zugstange eingreift, so muss letztere sich gegen das Rad und zwar dem Rade gegenüber noch an eine Rolle lehnen, damit sie nicht etwa soweit zurückweicht, dass das Eingreifen der Zähne aufhört. Die Aenderung in der Richtung der Stange, von der oben die Rede war, ist auch hierbei wohl ohne wesentlichen Nachtheil, wenn sie gleich Veranlassung giebt, dass die Zähne der Zugstange in verschiedenen Stellungen des Thorus nicht immer gleich einander eingreifen. Der Unterschied ist indessen so gering, dass man ihn unbeachtet lassen darf, da die Maschinentheile nur roh bearbeitet zu sein pflegen, auch vor starker Ver-

und sonach vor Abnutzung nicht geschützt werden können, desto weniger ist bei mehreren in hiesiger Gegend ausgenutzten Schleusen, dennoch diesem Uebelstande dadurch begegnet, man die eine feste Rolle, welche den Eingriff der Stange in das gezahnte Rad sichert, durch zwei bewegliche Rollen ersetzt. Letztere befinden sich zwischen zwei mit einander fest verbundenen eisernen Scheiben, die mittelst eingebohrter Löcher auf eine Achse gesteckt sind, und sich frei darum drehen können. So- bald die Zugstange, die gleichfalls zwischen diesen beiden Rollen sich befindet, ihre Richtung verändert, so drehen die Rollen sich etwas seitwärts. Indem aber der Rücken der Stange

in gleicher Weise von jenen beiden Rollen unterstützt so erfolgt auch bei allen Stellungen der Zugstange ein gleichmässiges Eingreifen der Zähne. Fig. 335 auf Taf. LXX zeigt diese Anordnung, nämlich *a* in der Ansicht von oben und *b* von der Seite gesehen. Die vertikale Achse, welche entweder unmittelbar durch Hebelsarme, oder, wie bei uns üblich ist, mittelst einer Kurbel und zweier konischer Räder gedreht wird, steht auf einer Pfanne auf, und wird oben durch ein Axenlager gehalten, welches auf drei unter sich verbundenen eisernen Füßen

Letztere sind in den Figuren nicht angegeben. An die Achse ist das gezahnte Rad befestigt, welches in die Zähne der Stange eingreift, damit diese aber nicht auf der unteren Scheibe gleite, ist sie daneben durch eine horizontale Rolle unterstützt, die liegt zwischen beiden Scheiben, ohne dieselben zu berühren. Die Rollen sind, wie die Figuren zeigen, durch zwei Riegel miteinander verbunden, und liegen auf einer an der Achse angebrachten Verstärkung auf. Die beiden Rollen, welche bei allen Richtungen der Zugstange ein gleichmässiges Eingreifen der Zähne lassen, indem sie eine entsprechende Drehung der Scheiben um die Achse bewirken, sind an beiden äusseren Enden der Scheiben zwischen dieselben eingesetzt.

Die gezahnte Zugstange besteht nur selten ganz aus Eisen: würde alsdann mit Rücksicht auf die erforderliche Steifigkeit eine schwer und kostbar ausfallen. Man nimmt daher gemeinlich eine etwa 4zöllige Lunte und nagelt kurze gusseiserne Stangen, die mit den Zähnen verschnitten sind, darauf. Indem die Verbindung der Schienen nicht besonders solide ist, auch die Rollen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

Stange dadurch geschwächt wird, und sich leichter verbürfte diese Anordnung wohl der früher beschriebenen Fig. 334 dargestellten nicht vorzuziehen sein, vielmehr ne Es muss aber noch bemerkt werden, dass man oft der g Zugstange um das Werfen derselben zu verhindern, und auch gegen andre Beschädigungen zu sichern, vorzugswe um das Drehen der Erdwinde etwas bequemer zu mache auf die Schleusenmauer legt, sondern sie mittelst ein angebrachten und rückwärts gehörig verlängerten Kanales selbe hineintreten lässt. Die Stangen liegen aber auch i Falle nicht so tief, dass man einen Vortheil in Betreff der biegung des Thores dabei erwarten konnte.

Zuweilen und namentlich wenn Brücken in der N Schleusenhauptes oder gerade über demselben sich befind der nöthige Raum, um die Stange, wenn das Thor geöffnet zurücktreten zu lassen. Man pflegt alsdann einen g sernen Quadranten, der an der äussern Seite mit versehen ist, auf die Oberfläche des obern Rahms zu be Derselbe muss immer, und selbst bei geschlossnen Thor oder über die Mauer greifen, so dass er durch ein g Getriebe gefasst und bewegt werden kann. Man darf diesen Quadranten nicht in seiner ganzen Länge mittelst : artiger Arme an das Thor befestigen, wenn er, wie ge unter die Mauer tritt, weil sonst der Kanal, der ihn : eine zu grosse Breite erhalten müsste. Nichts desto pflegt man doch in der Nähe des Thores ihn mit einem g ten, daran angegossnen Arme zu versehen, um ihn wenigstens zu verstärken, und die Gefahr eines Bruches zu beseitigen dem diese Quadranten gemeinhin, eben wegen des fehlenden mit einem Radius beschrieben sind, der kaum der halbe des Thores gleichkommt, so ist eine bedeutend grössere zur Bewegung des Thores erforderlich, als bei den beschriebenen Vorrichtungen. Man kann den Zug aber i Falle nicht dadurch verstärken, dass man eine Erdwinde recht langen Hebelsarmen benutzt, weil dazu der nöthige fehlt. Die Axe des Getriebes muss sogar, um den g Bogen nicht zu lang werden zu lassen, sehr nahe am H Schleusenmauer angebracht sein. Es bleibt daher nur ü

5 durch ein gezahntes Rad mit Getriebe zu verstärken, von  
 6 das letzteres häufig durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt  
 7 d. Zur Verbindung dieser Kurbel mit der Axe des Getriebes  
 8 noch zwei in einander greifende conische Räder erforderlich.  
 9 erreicht dadurch den Vortheil, dass die ganze Einrichtung  
 10 r wenig Raum einnimmt, aber dagegen wird durch die mehr  
 11 zusammengesetzte Maschinerie und durch die Anwendung der Kur-  
 12 das Oeffnen der Thore erschwert und verzögert.

Wesentlich verschieden von den bisher beschriebenen ist die-  
 13 ige Anordnung, die man bei der Schleuse zu Villemur am  
 14 re gewählt hat. Dasselbst ist nämlich auf dem Thorkam-  
 15 rboden ein gusseiserner Quadrant befestigt, der an  
 16 hohlen Seite mit Zähnen versehen ist. Diese greifen in ein  
 17 riebe, dessen eiserne Axe längs der dem Oberwasser zuge-  
 18 erten Seite der Schlagsäule herabreicht, und oben mit einer  
 19 rbel versehen ist. Der Arbeiter, der das Thor öffnet, oder  
 20 lässt, stellt sich an das Ende der Fussbrücke auf dem Thore,  
 21 indem er die Kurbel dreht, bewegt er das Thor. Es muss  
 22 bezweifelt werden, ob diese Einrichtung in jeder Beziehung  
 23 rkümmisig und im Gebrauche ganz sicher ist; sie hat aber  
 24 unfalls vor den bisher beschriebenen den Vorzug, dass sie das  
 25 or in der Nähe derjenigen Stelle fasst, wo es den stärksten  
 26 derstand erleidet, nämlich am untern Rahm. Das nachtheilige  
 27 rchbiegen wird daher hierbei in hohem Grade verhütet.

Der Druck, den man mittelst der Zugstange auf das Thor  
 28 üben muss, um dasselbe zu schliessen, lässt sich ganz ver-  
 29 iden, und in einen Zug verwandeln, wenn man ein zweites  
 30 u gegen die andre Seite der Schlagsäule befestigt, und dieses  
 31 Zurückziehn des Thores benutzt, sobald es geschlossen wer-  
 32 n soll. In dieser Weise muss jedes Thor mit zwei Tauen  
 33 rehn sein, die beim Gebrauche der Schleuse abwechselnd von  
 34 einen und der andern Seite derselben angezogen werden.  
 35 iese Einrichtung, wobei die steife Zugstange ganz entbehrlich  
 36 d, soll nach Minard's Mittheilung zuweilen vorkommen, sie  
 37 mt aber sehr nahe mit der in England bei grossen Schleusen  
 38 allgemein üblichen überein, und der Hauptunterschied Beider  
 39 teht nur darin, dass hier der Zug nicht mittelst Tauen, son-  
 40 s durch starke und schwere Ketten ausgeübt wird. In dem

einen, wie in dem andern Falle darf man aber die Schleuse auch die Taue oder die Ketten nicht sperren, während diese von der einen Schleusenmauer bis zur Schlagsäule jedes Thores, und von letzterer wieder bis zur andern Mauer gezogen sein müssen. Bei der Schleuse keine grosse Weite, so könnte man auch mit einem Tau sich begnügen, welches jedesmal, so oft es in entgegengesetzter Richtung angezogen werden soll, hinübergeworfen wird. Dieses verbietet sich indessen bei grosser Weite der Schleuse, und in dem alsdann vor jedem Thore stets ein Tau quer durch die Thorkammer läuft; so bleibt beim Durchgehn der Schiffe kein andres Mittel übrig, als diese Taue bis zum Boden herabsinken zu lassen. Es darf kaum erwähnt werden, wie vortheilhaft es ist, in diesem Falle, statt der Taue, Ketten zu benutzen, die theils im Wasser und selbst bei der abwechselnden Benützung nicht leiden, theils aber auch in Folge des grössern specifischen Gewichtes sehr sicher zu Boden sinken. Letzteres wird aber noch erleichtert, und man darf weniger Bucht geben, oder die Ketten einer geringeren Länge auslaufen lassen, wenn sie das Thor recht tief fassen und die Winde, mittelst deren sie angezogen wird, gleich so tief angebracht ist. Der Umstand, dass die Ketten und die Winde alsdann unter Wasser liegen, ist ohne Nachtheil, sobald letztere auch aus Eisen besteht und so sicher angebracht ist, dass sie weder selbst noch auch ihre Verbindung mit der Kette einer besondern Aufsicht bedarf.

In England ist diese Anordnung bei allen grössern Schiffsschleusen die gewöhnliche, und namentlich wählt man sie jedesmal bei den Dockschleusen, und überhaupt da, wo Seeschiffe hindurchgehn. Man muss freilich zum Oeffnen und Schliesssen jedes einzelnen Thorflügels zwei Winden anbringen, also gehören für ein Paar Steinthore vier derselben, und deren Einrichtung ist auch so kostbarer, als sie tief herabreichen und jede einzelne mit einer schweren Kette versehen sein muss; man erreicht dabei aber wesentliche Vortheile sowohl in Betreff der zweckmässigeren Behandlung der Thore, als auch dadurch, dass man eine viel stärkere Kraft beim Oeffnen und Schliesssen anwenden, und demnach geringe Niveau-Differenzen und schwache Strömungen überwinden kann. Auch das Schliesssen der Thore, wenn der Strom dieselben zu fassen und heftig zuzuschlagen droht, erfolgt noch



gig und sicher, und überhaupt zeichnet sich die ganze Handlung der Thore in diesem Falle durch grosse Sicherheit aus.

Fig. 336 auf Taf. LXX zeigt diese Anordnung an einem Querschnitte im Grundrisse. Das eine Thor ist geöffnet, und das andre geschlossen dargestellt. Von jeder Seite jeder Schlagkammer führt die Kette nach der entsprechenden Winde. Die beiden Winden an der rechten Seite sind vollständig aufgestellt, mit den Hebeln versehen, die beiden an der linken Seite sieht man dagegen in ihrer untern Zusammensetzung, indem die Mauer horizontal durchgeschnitten gedacht ist. Man bemerkt hier die getriebenen Brunnen, worin die Winden stehn, und zugleich die beiden Trommeln am Fusse der letztern, worauf die Ketten sich aufwickeln. Die Kanäle, in denen die Ketten nach der Schlagkammer geführt sind, giebt die Figur durch die punktirten Linien an.

Zunächst muss einem Bedenken begegnet werden, welches gegen diese Anordnung leicht erheben könnte. Indem nämlich die beiden Ketten, welche an den, dem Unterwasser zugekehrten Seiten der Thore befestigt sind, beim Oeffnen der letztern durch die Schleuse laufen, so liegt die Vermuthung nahe, dass dieselben den Durchgang der Schiffe hindern. Es ist bereits erwähnt, dass man sie schlaß herabhängen und den Boden fallen lässt, aber auch in diesem Falle würden wenn der Drempeel nicht vielleicht deshalb schon tiefer gelegt, hinderlich sein, sobald sie auf dem Drempeel lägen. Zuletzt muss indessen daran erinnert werden, dass es sich hier um Schleusen für Seeschiffe handelt, die keinen flachen Boden haben, und wenn sie zuweilen auch nicht besonders scharf gebaut sind, dennoch stets in der untern Fläche etwas gekrümmt sind, welcher noch der Kiel wenigstens einige Zolle tief vorsteht. Die Ketten sind hiernach durchaus nicht hinderlich, wenn sie nur gerade in der Mittellinie der Schleuse auf dem Drempeel liegen. Dieser Fall kann aber, wenn die Ketten nur gehörig nachgezogen werden, in der Wirklichkeit nicht vorkommen. Wenn das in Fig. 336 als geschlossen dargestellte Thor geöffnet ist, so bleibt die Kette, mit der es geschlossen wurde, nicht in der Richtung liegen, welche die Figur angiebt. Die Schlagkammer dreht sich bei der Drehung des Thores aus dieser Richtung und

zieht die Kette hinter sich über die Spitze des Dremfels so dass sie hier auf den Thorkammerboden herabfällt, und möge ihres eignen Gewichtes geschieht dasselbe auf einen Theil der Länge der Schlag-schwelle. Die betreffende Wä aber ganz frei, die Kette wird also während des ganzen den das Thor macht, nicht gespannt, und wenn die Schle daher zuletzt auch wieder in die frühere Richtung der K so kann diese doch nicht auf den Dremfel gehoben wer bleibt vielmehr in der Mitte der Schleuse neben dem Drem dem Thorkammerboden liegen, die Schiffe gehn daher fort, ohne sie zu berühren. Auch selbst an der Stelle, Kette die andre kreuzt, reicht die obere nicht bis zur D Dremfels hinauf. Der in der Figur dargestellte Fall, wä lich ein Flügel geschlossen, und der andre geöffnet ist, allerdings die sehr bedenkliche Folge haben, dass der ge Flügel das Herabfallen der hintern Kette des andern Flüg rend des Oeffnens verhinderte. Dieser Fall kommt indess Gebrauche der Schleuse nicht vor, indem beide Flügel gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden. Uebrig es aber auch immer leicht, durch Bewegung des Thores von der Spitze des Dremfels herabzuwerfen.

Bei ältern Schleusen pflegen die Ketten am Fusse der säulen befestigt zu sein, so dass sie, wenn sie gespannt sehr nahe über dem Schleusenboden schweben. Kettenkanal pflegte man auch horizontal nach der Winde ren. Diese Anordnung war jedenfalls ganz angemessen, die Rollen unter den Thoren sehr niedrig waren, also eine Reibung verursachten, welche durch die mangelhafte Aus der Rolle, so wie auch der Bahn sehr vermehrt wurde. Reibung setzte der Bewegung des Thores den grössten stand entgegen, und es war daher zweckmässig, die K einer Höhe wirken zu lassen, welche dem Mittelpunkte d derstandes entsprach.

Durch die Vergrösserung des Durchmessers und d fälligere Bearbeitung der Rolle ist diese Reibung wesentl mindert. Der bei der Bewegung der Thore zu überwind derstand wird vorzugsweise durch das Wasser verursach ches beim ersten Anziehn des geschlossnen Thores von d

gewöhnlich noch einen schwarhen statischen Druck auf das Thor ausübt, welches aber während der ferneren Bewegung des Thores um dasselbe herumfliessen muss. In beiden Beziehungen liegt der Mittelpunkt des Widerstandes in der halben Höhe des stauenden Theiles des Thores. Um daher ein Durchbiegen derselben zu verhindern, ist es ungemessen, den Befestigungspunkt der Kette dieser Höhe zu nähern, und nur soweit darunter zu rücken, als die Reibung der Rolle, die keineswegs ganz aufgegeben werden kann, erfordert.

Die Mündung des Kettenkanales muss jedenfalls so hoch liegen, dass die Kette einen horizontalen Zug auf das Thor ausübt. Diesen Kanal selbst lässt man aber häufig mehr oder weniger nach der Winde ansteigen, um dadurch theils die Ausführung des Brunnens, indem er an Tiefe verliert, zu erleichtern, theils aber auch, um die Winde in grössere Höhe zu bringen, so dass sie bequem unter steter Aufsicht erhalten, und bei etwa vorkommenden Beschädigungen leichter in Stand gesetzt werden kann. Dazu kommt noch, dass die Kette sich beim Zurückdrehen der Winde besser auszieht, und sicherer auf den Schleusenboden herabsinkt, wenn die Sohle des Kettenkanales nach der Schleuse hin etwas geneigt ist. Eine geringe Neigung der Sohle, etwa von der Grösse, wie Fig. 337 zeigt, gewährt den Vortheil, dass man die Kette durch keine horizontale Rolle unterstützen darf, was bei ganz horizontaler Richtung des Kanales an dessen Mündung nothwendig ist. Man bemerkt in der Figur, dass die Kette, wenn sie gespannt wird, die Decke des Kanales noch nicht berührt, und bis zur Winde die horizontale Lage annehmen kann.

Giebt man dagegen dem Kanale eine noch stärkere Neigung, so häufig bis zu 45 Graden und selbst darüber ausgedehnt wird, so wird zwar der Vortheil in Bezug auf die höhere Stellung der Winde viel vollständiger erreicht, aber die Kette ändert, wenn sie gespannt ist, zweimal ihre Richtung, zwischen dem Mantel der Winde und dem Thore. Man muss daher in diesem Falle unter der Decke des Kanales, und zwar in der Mündung desselben eine Rolle anbringen, und eine zweite dicht vor der Winde über der Sohle des Kanales. Die Kette wird unter der ersten und über der zweiten fortgezogen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass hierbei theils die Reibung vergrössert wird, theils aber

auch, besonders wenn sehr starke Spannungen der Kette vorkommen, diese Rollen einem grossen Drucke ausgesetzt werden.

Die erwähnten Rollen sind meist so lang, dass sie die ganze Breite des Ketten-Kanales einnehmen. Ihre Stärke beträgt 4 bis 6 Zoll, und sie sind an beiden Enden noch mit vortretenden Rändern versehen, damit die Kette stets sicher auf und darauf gehalten wird. Sie bestehen aus Gusseisen. Bisweilen sieht man in den Mündungen der Ketten-Kanäle auch noch vertikale Rollen angebracht, die gewöhnlich hinter der horizontalen und zwar neben den beiden Seitenwänden stehn. Dieselben sind nicht nothwendig, wenn die gespannte Kette während der Drehung der Thore diese Seitenwände berühren würde, also der Kanal die hinreichende Breite hätte, die den Ausweichungen der Kette nach beiden Seiten entspräche. Im Falle, dass solche senkrechte Rollen angebracht sind, werden die vortretenden Ränder an der horizontalen Rolle entbehrlich, und alle drei Rollen verwandeln sich in einfache Cylinder.

Zum Oeffnen der oben (§. 105) beschriebenen Thore des grossen trocknen Docks in Sherness dienen nicht vertikale, sondern horizontale Winden. Die Thore werden in der Höhe von  $11\frac{1}{2}$  Fuss über ihren untern Rändern gefasst, und in gleicher Höhe liegen die 3 Fuss weiten und eben so hohen Ketten-Kanäle, welche horizontal in die Mauer treten. An der Mündung jedes Kanales sind drei gusseiserne Rollen ohne vortretende Ränder angebracht. Sie halten sämmtlich 1 Fuss im Durchmesser. Die horizontale Rolle, auf der die Kette aufliegt, ist 2 Fuss hoch, und die beiden dicht dahinter stehenden vertikalen sind  $1\frac{1}{2}$  Fuss hoch. Der freie Zwischenraum zwischen den Letztern beträgt 6 Zoll; ein Herabgleiten der Kette von der erstern ist durch die Letztern verhindert. Am Ende des Kanales befindet sich eine Trommel, auf welche die Kette sich aufrollt; sie hält 15 Fuss im Durchmesser, und ist mit einem konischen Rade von  $3\frac{1}{2}$  Fuss Durchmesser verbunden. In dieses greift ein Getriebe von 1 Fuss Durchmesser, und die Axe desselben, von 20 Fuss Länge, ist über der Mauer mit einer dreifüssigen gusseisernen Scheibe versehen, worin acht Hebel eingesetzt werden können. Die Axe der letzten Winde, oder die des Getriebes besteht aber aus zwei Theilen, welche mittelst einer Kuppelung verbunden sind und durch ein

el-Vorrichtung von einander getrennt werden können. Auf e Weise darf man die Erdwinde nicht zurückdrehn, wenn das r sich entfernt, die Kette zieht sich vielmehr von selbst aus. Im Betreff der Ketten-Kanäle wäre ferner zu erwähnen, dass Ausführung sehr erleichtert und Beschädigungen durch das laufen der Kette dabei verhindert werden können, wenn man durch eingemauerte gusseiserne Röhren darstellt. Dieses n. B. beim St. Katharine's Dock bei London geschehn. Die we hält 2 Fuss im Durchmesser, und ist nahe 30 Fuss lang. besteht aus vier Theilen, die in den vorstehenden Rändern h Schraubenbolzen verbunden sind. Sie steigt unter eineminkel von etwa 70 Graden gegen den Horizont auf. Um das laufen der Kette gegen die Decke der Mündung zu verhindern, n die angemessne Erweiterung derselben eine horizontale Rolle 1 Fuss Durchmesser eingesetzt, und zwei senkrechte Rollen ändern das Schleifen zur Seite und sichern zugleich die Kette m ein Herabgleiten von der ersten Rolle. Die Winde dreht nicht um eine vertikale, sondern um eine horizontale Axe.

Endlich muss noch bemerkt werden, dass man zuweilen die en Winden, welche zu demselben Thorflügel gehören, in verschiedenen Höhen anbringt, indem entweder die zugehörigen Ketten-äle verschiedene Neigungen erhalten, oder ihre Mündungen hfalls in verschiedenen Höhen liegen. Eine solche Anordg erscheint auch vollständig gerechtfertigt, insofern zum Oeffnen

Schliessen des Thores nicht dieselbe Kraft in Anwendung acht wird. Die Winde, mittelst deren man das Thor öffnet, s so stark sein, dass man damit einigen Wasserdruck überlen, also das Thor schon öffnen kann, bevor der Wasser- gel auf beiden Seiten ganz gleiche Höhe erreicht hat. Eben wird diese Winde auch in Anspruch genommen, wenn man

Thor eines Docks schliessen muss, während schon einige ung hindurchgeht, die also das Thor heftig zuschlagen würde, n man nicht durch scharfes Anziehn der Gegenkette die Beung mässigte. Beide Veranlassungen zu solchem kräftigen iehn der Ketten kommen bei denjenigen Winden nicht vor, at deren die Thore geschlossen werden. Es ist daher nur ie ersten beiden Winden (die an den Seiten der Thorkammer i) nothwendig, solche Anordnungen zu wählen, welche den



kräftigsten Zug gestatten, wobei also Reibungen möglichst vermieden und die Thore zugleich in derjenigen Höhe gefasst werden, in welcher der Mittelpunkt des Widerstandes liegt. Die Mündungen der Ketten-Kanäle müssen daher in grosser Tiefe angebracht werden, während die Kanäle selbst keine starke Neigung erhalten dürfen. Für die andern beiden Winden, die auf der Seite des Drempels oder etwas weiter abwärts stehen, gelten dagegen nicht mehr diese Bedingungen. Indem der Zug, den sie ausüben sollen, weniger stark ist, so kommt es nicht darauf an, ob das Thor etwas ungünstiger gefasst, und ihre Kraft durch die Führung der Kette über eine oder zwei Rollen etwas gemindert wird. Die Wohlfeilheit der Anlage und die Bequemlichkeit der Untersuchung der Winden darf daher hier schon mehr berücksichtigt werden: man fasst das Thor in grösserer Höhe und gestattet auch wohl dem Ketten-Kanale eine viel stärkere Ansteigung, woher die Winden bedeutend höher aufgestellt und die Brücken nur zu mässiger Tiefe herabgeführt werden dürfen. Man bemerke diese Anordnung in dem Fig. 346 b auf Taf. LXXI dargestellten Längendurchschnitt der Schleuse des Coburg-Dock in Liverpool.

Was die Einrichtung der Winden betrifft, so wählt man häufig und namentlich bei Thoren von mässigen Dimensionen eine einfache Erdwinde, wobei nämlich die Kette sich auf den Felsen derselben Säule aufwindet, deren Kopf durch die Hebel unmittelbar gedreht wird. Auch ist es nicht ungewöhnlich, dass in diesem Falle die Säule aus Holz besteht, und nur an der Stelle, wo die Kette sich auflegt, mit Eisen bekleidet ist, oder hier auf einer eisernen Trommel trägt. Sicherer ist es indessen, die ganze Maschine, mit Ausnahme der Hebel, aus Eisen darzustellen. Dies geschieht auch gewöhnlich, so wie man auch bei grössern Thoren zur Verstärkung der Winde dieselbe noch mit einem Vorgelege versieht.

Fig. 337 zeigt eine Winde dieser Art, nebst dem Brunnen, worin sie aufgestellt ist. Die Anordnung ist diejenige, welche Telford bei den Schleusen des Caledonischen Kanales wählte, und liegt vielleicht in dem Ketten-Kanale eine Abweichung, weil die bekannten Zeichnungen dieser Schleusen denselben nicht mit hinreichender Deutlichkeit darstellen.

Die Trommel, um welche die Kette sich aufwindet, besteht aus einem 3 Fuss hohen Kegel, der unten 15 Zoll, oben 10 Zoll im Durchmesser hält, an den sich aber unten noch ein breiter Rand von nahe 3 Fuss Durchmesser anschliesst. Letzterer hat den Zweck, die Kette sicher auf die Trommel zu führen. Die Trommel nebst diesem untern Rande ist in einem Stücke und ganz hohl gegossen. Ihre Axe von quadratischem Querschnitte, ist zwar 4 Zoll in der Seite haltend, besteht aus gewalztem Eisen und greift durch die quadratischen Oeffnungen, womit die Trommel sowohl oben als unten versehen, und worin die Axe festgehalten ist. Der untere Zapfen der Axe steht in einer gusseisernen Pfanne, die in die Sohle des Brunnens eingelassen ist. Diese Pfanne wird noch durch einen grossen eisernen Ring umgeben, der wohl nur den Zweck hat, ein Abschleifen der Steine, die die Kette neben der Trommel zu verhindern, wodurch möglicherweise die Kette, statt auf die Trommel sich zu legen, unterhalb gezogen werden könnte. Der Hals der erwähnten Axe ist verstärkt und cylindrisch abgedreht. Er liegt in einer Pfanne auf der Seite einer gusseisernen, mit Verstärkungsrippen versehenen Platte, welche den Brunnen überspannt. Diese Platte ruht mit ihren Enden auf den vortretenden Rändern von gusseisernen Verstärkungsstücken, die beim Aufmauern des Brunnens in der Wand selbst befestigt sind. Die Verbindung zwischen diesen Rändern und der Platte ist durch Schraubenbolzen dargestellt.

Ueber der erwähnten Platte trägt der Kopf der Trommel-Axe ein gezahntes Rad von 2 Fuss 9 Zoll Durchmesser, das in ein Getriebe von 9 Zoll Durchmesser eingreift. Indem die Axe des Rades zwischen die Axen des Rades und Getriebes fällt, so ist nicht nur die Aufstellung der ganzen Maschine in dem beschränkten Raume des Brunnens möglich, sondern man gewinnt bei auch den Vortheil, dass die Trommel etwas näher an den Seiten-Kanal rückt, und dagegen die andre Axe, welche die der Winde ist, sich etwas vom Rande der Schleusenmauern entfernt, wodurch die Anwendung längerer Hebelsarme möglich wird.

Die letzte Axe besteht eben so, wie die erste, aus einem Stücke gewalzten Eisens, der aber nur  $3\frac{1}{2}$  Zoll stark ist. Die Pfanne, worin ihr Fuss aufsteht, ist in demselben Querriegel befestigt, der die erste Axe hält. Ihr oberes Ende greift durch

eine der beiden gusseisernen Platten hindurch, welche die Oefnung des Brunnens schliessen. Eine cylindrisch ausgedrehte, verstärktem Rande versehene Oefnung in dieser Platte umgibt den verstärkten und gleichfalls cylindrisch geformten Hals der Axe des Getriebes.

Diese Axe setzt sich noch gegen 3 Fuss über die Platte der Schleusenmauer fort, und trägt am Ende eine gusseiserne Scheibe, worin vier etwas ansteigende Röhren angebracht sind. In letztere werden die Hebel, mittelst deren man die Winde in Bewegung setzt, eingesteckt. Diese Scheibe ist Fig. 336 besonders, und zwar *a* in der Ansicht von oben, und *b* im rechten Durchschnitte dargestellt. Sie ist noch mit vier oder mehr senkrechten Röhren von gleicher Weite versehen. In *a* stellt man jene Hebel, wenn die Winde nicht gebraucht werden. Sie bilden alsdann einen pyramidalen Aufsatz über der Schleusenmauer, und indem sie seitwärts nicht vortreten, so verursachen sie keine Sperrung oder Behinderung der Passage auf der Schleusenmauer, die beim Durchbringen der Schiffe sehr störend sein würde. In Fig. 337 sieht man einen Hebel aufrecht eingestellt, während gegenüber ein zweiter in die horizontale Röhre eingesetzt ist.

Schliesslich wäre noch eine eigenthümliche Vorrichtung zu deuten, die man an den mehrfach erwähnten Schleusen des Long-Sault-Canals neben dem St. Lorenz-Strome angebracht hat, um ein ganz regelmässiges Aufwinden der Kette auf die Trommel zu veranlassen. Die Trommel, die wieder aus Guss Eisen besteht, ist senkrecht aufgestellt, und hat eine genau cylindrische Form, zu welchem Zwecke sie abgedreht ist. Eine Hülse aus starkem Eisenblech ist darauf aufgeschoben, und dieselbe schliesst sich genau an, dass sie stets auf dem bereits aufgerollten Theile der Kette aufliegt. Die Hülse bildet eine ringförmige Rinne, von der ein Theil der obersten Windung der Kette liegt. Indem sie der hohlen Seite dem Cylinder zugekehrt ist, so legt sich die Kette in ihr schon fest auf den letztern auf. Die untere Windung der Hülse ist aber an einer Stelle ausgeschnitten, damit die Kette in gleicher Weise, wie eine Schraubenmutter, sobald die Trommel auf- oder abgerollt wird, mit der jedesmaligen obern Windung derselben steigen oder sich senken kann. Um zu verhindern, dass die Hülse nicht an der Drehung der Trommel Theil nimmt,

## 109. Füllen und Leeren der Kammern. 221

ie mit einem etwa 1 Fuss langen Halse versehen, durch den Kette gezogen ist, der also in Folge der Spannung der Kette der Schleusenkammer zugekehrt bleibt und dadurch die Hülse derselben Richtung erhält. Wird die Trommel gedreht, so tritt sich in der Hülse ganz regelmässig die neue Windung der Kette, über welche die Hülse wie auf einem Schraubengange fortwärts steigt.

### §. 109.

#### Füllen und Leeren der Kammern.

Zum Füllen und Leeren der Kammern der Schleusen müssen leicht zu schliessende Oeffnungen angebracht werden, durch deren man beliebig die Verbindung mit dem Ober- und Unterwasser darstellen, und dadurch den Wasserstand in der Kammer bis zu jenem heben, oder bis zu diesem senken kann. Am häufigsten werden diese Oeffnungen in den Thoren angebracht, und es leidet keinen Zweifel, dass ihre Darstellung als die am einfachsten ist und die wenigsten Schwierigkeiten bietet. Es tritt dabei aber der Uebelstand ein, dass die feste Verbindung der Thore beeinträchtigt wird, besonders wenn die Oeffnungen, um das Durchschleusen möglichst zu beschleunigen, einen grossen Querschnitt erhalten müssen. Ausserdem kann bei hohem Oberwasser das über denselben stürzende Wasser leicht in die Schiffe gelangen, welche in der Kammer liegen; und endlich ist dieser Sturz des Wassers auch insofern nachtheilig, als die bedeutende Fallhöhe für die Geschwindigkeit in der Durchfluss-Oeffnung verloren wird, und die in jeder Secunde eintretende Wassermenge nicht so gross ist, als sie bei gleicher Oeffnung sein würde, wenn man die ganze Niveaudifferenz zwischen dem Oberwasser und dem Wasserspiegel in der Kammer zur Darstellung der Durchfluss-Geschwindigkeit benutzt hätte. Die beiden letzten Uebelstände lassen sich freilich vermeiden, wenn man, wie bei den Amerikanischen Kanalschleusen wirklich geschieht, den Oberdamm in die Höhe des Unterdrempels legt (Fig. 265 b). Diese Anordnung ist aber, wenn man dem Bau die gehörige Sicherheit geben, und namentlich einen soliden Abschluss gegen das Oberwasser bilden will, sehr kostbar.

Die sämmtlichen vorerwähnten Uebelstände lassen sich dadurch vermeiden, dass man jene Oeffnungen nicht in Schleusenthoren selbst, sondern mittelst besonderer Kanäle Seite der Thore, oder in den Oberhäuptern auch wohl unter selben anbringt. Man nennt diese Kanäle Umläufe. Schwächung der Thore wird dabei ganz umgangen, und in die obere Mündung eines Umlaufes im Oberhaupte dicht über Oberboden, seine untere Mündung aber dicht über dem Unterboden liegt, so tritt das Wasser in die Kammer so tief ein, dass Gefahr des Anfüllens der Schiffe verschwindet. Die Geschwindigkeit in geschlossenen Umläufen ist jedesmal durch die ganze Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt, also möglichst gross, und hierzu kommt noch, dass man, ohne irgend einen Nachtheil herbeizuführen, den Umläufen einen sehr grossen Querschnitt geben, und dadurch aufs Neue die Zeit des Anfüllens und Leerens der Kammer abkürzen kann.

Es ergibt sich aus Vorstehendem, dass die Vorzüge, welche die Umläufe vor den Oeffnungen in den Thoren haben, in den Oberhäuptern bedeutender sind, als in den Unterhäuptern. Sie werden daher auch häufiger in jenen, als in diesen angebracht.

Beim regelmässigen Gebrauche der Schleusen werden die Oeffnungen sowohl in den Thoren, als auch in den Mauerwänden nur in Wirksamkeit gesetzt, wenn das Wasser auf einer Seite derselben höher steht, als an der andern, und das Wasser fliesst so lange hindurch, bis auf beiden Seiten das Niveau dargestellt ist. Man öffnet sie daher, während der Wasserdruk stattfindet, und schliesst sie, sobald auf beiden Seiten gleicher Wasserstand dargestellt ist, oder der Druck aufgehört hat. Beim Oeffnen muss sonach nicht nur das Gewicht des Schützes oder derjenigen Einrichtung, die man sonst gewählt haben wird, sondern auch die Reibung, die aus dem Drucke des Wassers entsteht, überwunden werden. Letztere verschwindet aber beim Ausgleichen der beiderseitigen Wasserstände, und es ist somit zum Schliessen der Schütze gar keine Kraft erforderlich, weil dieselben so schwer sind, dass sie von selbst herabfallen. Hieraus folgt, dass eine Vorrichtung, mittelst deren man das Schütz heben kann, schon als genügend für den gewöhnlichen Gebrauch anzusehn ist, wie etwa diejenige, welche Fig. 331 darstellt.



Es kommen indessen Fälle vor, wobei das Schütz, ehe die beiderseitigen Wasserstände gleiche Höhe haben, geschlossen werden muss, und alsdann kann leicht die Reibung in Folge des stattfindenden Wasserdruckes so gross sein, dass das Schütz von selbst herabfällt. Es ist daher vortheilhafter, solche Einrichtungen zur Bewegung des Schützes zu wählen, wodurch selbe nicht nur gehoben, sondern auch kräftig herabgedrückt und stets sicher geschlossen werden kann. Das Bedürfniss hierzu tritt z. B. heraus, wenn beim Durchschleusen eines Schiffes, es zwar von dem Oberwasser nach dem Unterwasser, durch Unachtsamkeit der Schiffer ein Tau nicht gehörig gelöst ist, so dass das Schiff beim Sinken des Wassers dadurch etwas gehoben wird, und zum Theil daran hängt. Das Abwerfen des Taus ist unmöglich, sobald eine starke Spannung bereits eingetreten ist; denn alsdann lässt sich keine Windung mehr herausziehen, es bleibt nur übrig, das Tau zu durchschneiden, oder das Sinken desselben abzuwarten. Beides kann nur vermieden werden, wenn man die Schütze des Unterhauptes sogleich schliesst, und durch Oeffnen der Schütze des Oberhauptes den Wasserstand der Kammer wieder so weit hebt, dass das Schiff frei schwimmt. Bei dem Durchschleusen in der entgegengesetzten Richtung kann es vorkommen, dass das Schiff etwa unten einen Schiffswurm oder einen vortretenden Stein fasst, und bei dem steigenden Wasser der Gefahr des Anfüllens ausgesetzt wird. Alsdann muss man die Schütze des Oberhauptes schliessen und die des Unterhauptes öffnen. Endlich gehört hieher auch noch der Fall, dass man diese Oeffnungen zuweilen in beiden Häuptern gleichzeitig wirksamkeit setzt, und dadurch die nächstfolgende Kanalstrecke füllt, oder das Oberwasser senkt. Es rechtfertigt sich demnach die Vorsicht, schon bei der Erbauung der Schleuse hierauf Rücksicht zu nehmen, und wenn Schütze zum Schliessen der Oeffnungen gewählt werden, diese entweder mit besondern Vorrichtungen zum Herabdrücken zu versehen, oder sie so schwer zu machen, dass sie unter allen Umständen durch ihr Gewicht die Bewegung überwinden. Im ersten Falle ist aber die Durchbiegung in schwachen und langen eisernen Stangen auch nicht unbeachtet zu lassen, denn es fehlt nicht an Beispielen, dass eine mahlte Stange unter ungünstigen Umständen, also wenn der

Wasserdruck noch eine starke Reibung veranlasste, das Schütz nicht herabdrückt, vielmehr beim kräftigen Drehen des Getriebes verhoben wird.

Ueber die Darstellung der Oeffnungen in den Thoren ist bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore (§. 104 und 105) die Rede gewesen, auch ist daselbst die Aufstellung der Schütze ausführlich behandelt worden. Die Schütz-Oeffnungen werden jedesmal, um die Bekleidung des Thores rings umher festigen zu können, oben und unten durch Thorriegel oder untern Rahm, sowie seitwärts durch Mittelstiele oder auch durch die Schlagsäule, sowie in seltenen Fällen durch die Wendestiele begrenzt. Die Mittelstiele brauchen aber zu diesem Zwecke nicht über den Riegel fortgesetzt zu werden, der den obern Rand der Oeffnung bildet. Das Schütz bewegt sich auf der dem Oberwasser zugekehrten Fläche des Thores, also auf der Bekleidung desselben und zwar zwischen zwei mit Falzen versehenen Stielen oder starken Latten, den sogenannten Schossthür-Leisten, die auf der Bekleidung befestigt sind. Wenn das Schütz aber geschlossen ist, so steht es auf einer gleichfalls an dem Thore befestigten Schossthür auf, die mit diesen Leisten verbunden ist. Das Schütz oder die Schossthüre ist in derselben Art construirt, wie die Schütze der Freiarthen (§. 88).

Diese bereits früher ausführlich behandelten und hier nur kurz angedeuteten Constructionen beziehen sich auf den gewöhnlichsten Fall, wobei das Schütz aus Holz besteht und lothrecht bewegt wird. Gusseiserne Schütze kommen bei grösseren Thoren in England nicht selten vor. Sie gewähren die Vortheile der grössern Dauerhaftigkeit, der leichteren Bewegung, indem bei der sorgfältigeren Bearbeitung weit geringere Reibung veranlassen, des dichterem Schlusses, und endlich ist ihr Gewicht jederzeit so bedeutend, dass sie selbst bei starkem Wasserdruck sicher herabsinken. Ihr grosses Gewicht erschwert aber auch ihre Bewegung, insofern man dasselbe, wie auch gewöhnlich geschieht, durch Gegengewichte ausgleicht. Ueber die Aufstellung dieser Schütze muss noch erwähnt werden, dass man sie nicht wie die hölzernen, unmittelbar über die Bekleidung der Thore legen darf, weil die Bohlen dadurch stark abgerieben werden würden, man muss vielmehr die Oeffnung mit einem etwas tiefer

den gusseisernen Rahmen einfassen, wogegen das Schütz steht, sobald es geschlossen ist, und die Seiten des Rahmens mit den eisernen Leisten verbunden sein, worin das Schütz bewegt. Wenn alle sich berührenden Theile gehörig gehobelt geschliffen sind, so vermindert sich die Reibung, die nur dem Wasserdrucke abhängt, so sehr, und zugleich wird der Press so dicht, dass in beiden Beziehungen die Vorzüge vor andern Schützen augenfällig sind. Diese Vorzüge sind aber auch, indem keine merkliche Abnutzung und kein Werfen, wie Anwendung hölzerner Verbandstücke eintritt. Die Befestigung des Rahmens und jener mit den Falzen versehenen Leisten ist keine Schwierigkeit, doch muss man dafür sorgen, dass durch die Erschütterungen des Thores diese Theile nicht brechen oder verbogen werden. Man verstärkt sie daher gemeinhin in der Art, dass man die Leisten durch eine Platte verbindet, und es wird mit dem Rahmen, sowie auch mit den Leisten und der Schwelle, worauf das Schütz aufsteht, in einem Stücke gemacht. Die Bolzen, welche das Ganze mit den Thorriegeln und den Thoren verbinden, werden durch die Leisten und die Schwelle gezogen, und nachdem die gehörige Verbindung bewirkt ist, dichtet man die Fugen durch eingetriebenen Werg. Es macht dabei keinen Unterschied, ob die Verbandstücke des Thores aus Holz oder Eisen bestehen; wenn das Thor aber mit Blech bekleidet ist, so dürfte es angemessen sein, dasselbe auf den Rahmen mit der Platte aufzunähen.

Die Gegengewichte können auf verschiedene Weise angebracht werden. Gewöhnlich hat jedes Schütz sein besonderes Gegengewicht, indem eine über eine Rolle geführte Kette Beide verbindet. Diese Anordnung, die sehr einfach ist, ergiebt sich aus der Zeichnung der Thore des Montgomery-Canals Fig. 313 und 314. Man bemerkt darin, dass das Gegengewicht eben so, wie das Schütz zwischen Leisten gehängt ist, in welche es mittelst einer Kette eingreift. Diese Vorsicht ist auch nothwendig, weil das Schütz sonst bei der Bewegung des Thores schwanken und sich aufschlagen würde. Etwas abweichend hiervon ist die in Fig. 310 dargestellte Einrichtung, wobei dieselbe Eisenmasse gleichwohl das Gegengewicht für zwei Schütze desselben Thores bildet. Diese Masse hängt an einer Rolle, um welche die Kette gelagert ist.

schlungen ist, die mit den Zugstangen beider Schütze verbunden ist. Man überzeugt sich leicht, dass das Gleichgewicht leicht eben sowohl erhalten wird, wenn man ein einzelnes Schütz, als wenn man gleichzeitig beide aufzieht, oder herablässt. Zu Schütze kann man aber auch ohne Anbringung eines besonderen Gegengewichtes unmittelbar unter einander verbinden und sie durch ins Gleichgewicht setzen. Dabei ist nur erforderlich, dass beim Ziehen dieser Schütze, d. h. wenn die Oeffnungen, die schliessen, frei werden sollen, das eine abwärts und das andere aufwärts bewegt werden kann. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn man nicht beide Schütz-Oeffnungen unmittelbar über dem untern Rahm anbringt. Bei den grossen Thoren der Seeschleusen, wo die freien Zwischenräume zwischen den Riegeln nicht die Höhe der Letztern haben, ist dieses aber auch nicht nothwendig, da das eine Schütz findet beim Herablassen noch hinreichenden Raum vor dem untern Rahm. Eben wegen dieser geringen Höhe der darzustellenden Oeffnungen vermehrt man oft die Anzahl derselben, so dass zwei, auch wohl drei Schütze mit einander verbunden und gleichzeitig gehoben und gesenkt werden. In dieser Weise sind an dem in Fig. 309 dargestellten Thore des Verbindungs-Docks in Hull sechs Schützöffnungen angebracht, die in drei Reihen neben einander liegen. Die Schütze sind zu dreien mit einander verbunden, und indem die Kette, woran sie hängen, an ein grosses Rad geschlungen ist, so werden bei dessen Drehung drei Schütze gehoben und drei gesenkt, also gleichzeitig sechs Oeffnungen frei gemacht, oder geschlossen. Die Drehung des Rades erfolgt durch eine gezahnte Stange, welche mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt wird.

Die eben erwähnte Darstellung mehrerer über einander befindlicher Oeffnungen, die mittelst eben so vieler mit sich verbundener Schütze gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden, hat vergleichungsweise mit einer einzigen, eben so hohen Oeffnung, deren Höhe der Gesammthöhe jener ersten gleichkommt, nicht nur den Vorzug, dass die Verbindung des Thores dadurch weniger leidet, sondern man vermindert dabei auch sehr bedeutend, nämlich beziehungsweise auf die Hälfte oder den dritten Theil die Hübhöhe der Schütze. In demselben Verhältnisse wird der Aufwand nach, ohne dass eine grössere Kraft erforderlich wäre, die

Wassers und Schliessens vermindert, und zugleich das Durchströmen der Schiffe beschleunigt. Bei Anwendung gewisser mechanischer Vorrichtungen, wie namentlich des gewöhnlichen Hubhs, der bei einmaligem Herabdrücken die Oeffnung frei machen kann, ist es nothwendig, die Hubhöhe auf ein möglichst geringes Mass zu beschränken. Hierzu bietet die eben beschriebene Anordnung eine sehr passende Gelegenheit. Drei Oeffnungen, jede 1 Fuss Höhe, werden durch die gleichzeitige Erhebung der Schütze um einen Fuss frei, während bei einer einzelnen Oeffnung von 3 Fuss Höhe das Schütz 3 Fuss hoch gehoben werden muss. Man hat aus diesem Grunde dieselbe Anordnung auch getroffen, wenn die Construction des Thores die Anordnung grösserer Oeffnungen sehr wohl gestattete. Dieses ist an der in neuerer Zeit erbauten Schleuse zu Royaumont zu sehen.

Ein andres Mittel zur Darstellung bedeutender Oeffnungen ohne wesentliche Schwächung des Thores und ohne Vergrösserung der Hubhöhe besteht noch darin, dass man die Oeffnungen sehr breit macht und sie vielleicht über die ganze Breite des Thores von der Schlagsäule bis zur Wendesäule ausdehnt. Die Bedingung, nämlich die Vermeidung einer Schwächung des Thores, wird dabei indessen doch nicht vollständig erfüllt, indem die Verbindung der Riegel durch die Bekleidung unterbrochen wird. Ausserdem tritt hierbei noch der Uebelstand ein, dass sehr breite Schütze stark durchzubiegen pflegen. Ihre Bewegung wird dadurch ausserordentlich erschwert, weil sie nämlich, sobald sie hebt, sich gerade biegen müssen. Es kommen daher breite Schütze nur selten vor. An den Schleusen des Seitenkanals der Loire sind sie gewählt worden. Sie erstrecken sich von der Wendesäule bis zur Schlagsäule, und schliessen, wenn herabgelassen sind, das ganze Feld zwischen dem untern Rahm und dem nächsten Riegel. Dieses Feld wird aber weder durch die Stütze, noch durch das eiserne Zugband unterbrochen, indem sie nicht so tief herabreichen. Die Oeffnung, die eins dieser Schütze schliesst, ist etwa 8 Fuss breit und 1 Fuss hoch. Das Schütz besteht aus Gusseisen, ist mit Verstärkungsrippen versehen, bewegt sich zwischen eisernen Leisten, die auf die Wendesäule und Schlagsäule befestigt sind.



Auch bei den Schleusen des Kanales von Saint-Quentin hat man solche breite Schütze angebracht, die sich von der Wendesäule bis zur Schlagsäule ausdehnten, jedoch nur 6 Zoll hohe Oeffnungen und zwar am obern Theile der Thore schlossen. Die Oeffnungen sollten auch nicht sowohl zum eigentlichen Füllen und Leeren der Kammern dienen, als vielmehr nur, nachdem das grossentheils bereits erfolgt war, die Ausgleichung der Wasserstände zu beiden Seiten der Thore beschleunigen. Diese Schütze, welche nur aus einzelnen Bohlen bestanden, sollten daher je einmal unmittelbar vor dem Oeffnen der Thore gezogen werden. Man hat indessen die ganze Einrichtung schon längst bemerkt, indem man bemerkte, dass dieselbe ohne Nachtheil für die durchgehenden Schiffe doch nicht früher benutzt werden durfte, als die Niveau-Differenz zu beiden Seiten so geringe war, dass die Thore schon mittelst der Winden öffnen konnte.

Die Schütze werden gemeinhin, wie auch in allen vorerwähnten Beispielen wirklich geschieht, senkrecht auf- und bewegt. In einzelnen Fällen ist man jedoch hiervon abgewichen, so dass die Schütze etwas schräge bewegt werden. Die ganze Anordnung bleibt dabei noch genau dieselbe, und es tritt kein andrer Uebelstand ein, als dass die Reibung des Schützes etwas stärker wird. Der Zweck dieser schrägen Richtung ist aber der, dass die Zugstange nicht mehr auf den obern Riegel trifft, vielmehr den Kopf der Wendesäule kreuzt, und hieraus ergibt sich der Vortheil, dass man die Kurbel, mittelst deren die gezahnte Stange bewegt wird, von der Schleusenmauer derart anordnen kann, ohne deshalb auf die Fussbrücke auf dem Thore steigen zu dürfen. Man findet diese Anordnung an den Unterthoren der Schleusen auf dem Kanale zwischen Carlisle und Bowness. Die Zugstangen bestehen grossentheils aus Holz, und nur der Theil, an dem die Zähne sich befinden, ist aus Eisen. Die Zugstange lehnt sich überdiess in der Höhe des obern Riegels gegen eine gusseiserne Rolle. In den Oberthoren dieser Schleusen sind keine Oeffnungen angebracht, vielmehr befinden sich zu beiden Seiten Umläufe.

Eine wesentlich verschiedene Einrichtung zum Verschluss der Oeffnungen in den Thoren besteht darin, dass das Schliesswerk, die Platte, welche davor gelegt wird, sich nicht senkrecht

senen Leisten bewegt, sondern sich um eine horizontale Achse dreht. Man findet dergleichen Schieber nicht selten in den Thorsenthoren der kleinen Kanäle in England. Die Oeffnungen sind dabei freilich auf ein geringes Maass beschränkt, aber es wird wieder der Vortheil erreicht, dass man vom Ufer aus die Thore schliessen oder frei machen kann. Fig. 312 zeigt die Einrichtung an einem Thore des Rochdale-Canales. Die Stellung ist in der Figur durch  $x$  bezeichnet; bei der angenommenen Stellung des Schiebers ist sie aber verdeckt und daher durch gepunktirte Linien angedeutet. Die Drehungsaxe liegt etwas oberhalb, und zwar an der linken Seite. Von dem Schieber setzt sich über diese hinaus ein langer Hebelsarm fort, der bis über das Thor hinausreicht, und am obern Ende mit der horizontalen Zugstange verbunden ist. Die Zähne der letztern werden in einem Getriebe auf dem Drehbaume gefasst, und die Axe dieses Getriebes ist unmittelbar mit der Kurbel verbunden. Die Bewegung eines Vorgeleges ist in diesem Falle ganz entbehrlich, der erwähnte lange Hebelsarm schon wesentlich die Bewegung vermittelt. Die Stellung, welche der Schieber und die Zugstange einnehmen, sobald die Oeffnung frei ist, deutet dieselbe Figur durch gepunktirten Linien an.

Die eben beschriebene Art des Verschlusses der Oeffnungen findet man nicht nur in England, sondern sie kommt auch in Deutschland vor, und zwar ist sie seit geraumer Zeit bei den hessischen Schleusen an der Fulda eingeführt.

Wesentlich verschieden hiervon ist das Verfahren, die Oeffnungen durch Klappen zu schliessen, welche sich um eine in der Fläche des Thores liegende Axe drehen. Diese Klappen sind meistens einfach, theils mit zwei Flügeln versehen. Die ersteren kommen wohl nur sehr selten vor, sie sind aber an den Schleusen eines Seitenkanales des St. Lorenz-Stromes angebracht, der zwischen Long-Sault und Cornwall unterhalb des Ontario-See's die im Strome liegenden Wasserfälle umgeht. Jeder Thorriegel ist zwischen dem untern Rahm und dem nächsten Riegel mit zwei Oeffnungen von  $4\frac{1}{2}$  Fuss Breite und  $1\frac{1}{2}$  Fuss Höhe versehen. Die Klappen, welche dieselben schliessen, drehen sich um horizontale Axen an den obern Seiten der Oeffnungen, und nehmen, wenn sie geschlossen sind, nicht die senkrechte Stellung an,

sondern behalten noch die Neigung von etwa 30 Graden gegen das Loth. Diese Anordnung hat darin ihren Grund, dass im ungünstigsten Falles die Klappen beim senkrechten Anziehen, oder Herabdrücken der Zugstangen nicht sicher zu bewegen gewesen wären. Die Klappen legen sich aber, wenn sie geschlossen sind, sowohl unten, als seitwärts auf die passend bearbeiteten Ränder des untern Rahms und der kleinen Mittelstiele auf. Zum Öffnen jeder Klappe dient eine auf den obern Rahm aufgestellte Schraubendreher Mutter einen Sattel trägt, woran zwei Zugstangen befestigt sind, die zu derselben Klappe herabrreichen. Auffallend ist auch noch die Anordnung, dass die Klappen nach der Seite des Untertwassers aufschlagen; der Wasserdruck hebt sie daher und erleichtert ihr Öffnen, wogegen sie nur durch den Druck der Schraube geschlossen erhalten werden \*).

Häufiger hat man die andre Anordnung gewählt, wobei die Klappen mit zwei Flügeln versehen sind, bei deren Drehung also jedesmal auf jeder Seite der Axe eine Oeffnung frei wird. Man pflegt in diesem Falle die Drehungsaxe vertikal zu stellen, so dass sie von oben unmittelbar bewegt werden kann, nach welchem man beiden Flügeln gleiche Ausdehnung, um den Einfluss des Wasserdruckes zu heseitigen. Derselbe wirkt nämlich in diesem Falle ganz gleichmässig auf beide Flügel und unterstützt dadurch die Drehung eben so stark, wie er derselben entgegenwirkt. In dem hierbei die Reibung auch innerhalb sehr mässiger Grenzen bleibt; so zeichnet sich diese Vorrichtung gewiss durch die Leichtigkeit der Handhabung sehr vortheilhaft aus, auch kann mittel derselben sehr schnell eine grosse Durchfluss-Oeffnung freigebracht werden. Ein Uebelstand, der dabei kaum zu vermeiden ist, besteht in der Undichtigkeit des Verschlusses. Die gewöhnlichen Schütze schliessen so dicht, weil der Wasserdruck scharf gegen die Fläche des Thors presst. Bei diesen zweiflügeligen Klappen wird indessen nur der eine Flügel durch den Wasserdruck an den Anschlag gedrängt, der andre dagegen davon entfernt. Die Sicherheit des Verschlusses beruht demnach allein darauf, dass die Axe recht scharf zurückgedreht wird, und

\*) Michel Chavaller, *Histoire et description des vases de communication aux États Unis*. Vol. II. pag. 301.

eine Flügel nicht etwa sich biegt. Da aber Beides nicht vollständig erreicht werden kann; so dürfte diese Anordnung wohl in solchen Fällen passende Anwendung finden, wo es auf einen Wasserverlust nicht ankommt. Ausserdem muss man sich sorgfältig darauf achten, dass die Klappe jedesmal vollständig geschlossen ist, ehe man das Thor öffnet, weil sie sonst Anstossen an die Mauer der Thornische unfehlbar beschä- digt werden würde.

Was die Construction betrifft, so besteht diese Klappe wohl einmal aus Gusseisen. Der Rahmen, in welchem sie sich bewegt, und woran die Ränder sich befinden, mit denen sie den dichterichten Schluss bildet, besteht zuweilen aus Holz, vortheil- licher ist es aber, auch diesen aus Gusseisen darzustellen. Bei den Schleusen des Narbonne-Kanales, so wie bei einigen Schlu- sen des Rhein-Rhone-Kanales hat man hölzerne Rahmen ge- macht, welche auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite der Thore auf die Bekleidung aufgesetzt und mit den dahinter be- findlichen Riegeln und Mittelstielen verholzt sind. Fig. 339 zeigt gegen eine Klappe im gusseisernen Rahmen. Die Klappe selbst besteht aus einer gusseisernen Platte, die nicht nur ringsum mit stehenden Rändern, sondern ausserdem auch mit zwei horizon- talen Verstärkungsrippen versehen ist, die jedoch auf beiden Flä- chen nach verschiedenen Seiten vortreten. Die Axe aus Schmied- eisen von quadratischem Querschnitte, befindet sich in der Mitte und zwar ist sie in eine mit beiden Flügeln verbundenen Röhre eingeschlossen. Aus der Figur ergiebt sich, wie die Flügel, wenn die Klappe geschlossen ist, sich seitwärts gegen die vertikalen Wände im Innern des Rahmens lehnen. Aehnliche Ränder be- finden sich auch auf der Schwelle, so wie im obern Theile des Rahmens, sie müssen aber nach der einen oder der andern Seite abgesetzt sein, je nachdem der Flügel darin einschlägt. Die erwähnte cylindrische Axe muss dagegen sowohl oben, als unten sich möglichst scharf an den Rahmen anschliessen, um nicht zu viel Wasser durchzulassen. Man könnte sie freilich in den Rahmen versenken, indem ihr eine etwas grössere Länge, die lichte Höhe desselben gegeben wäre, doch wird dadurch die Aufstellung schwieriger und man erreicht nicht sowohl einen besseren Schluss der Fugen, als dieselben vielmehr nur gebro-

chen werden und das Wasser nicht mehr in gerader Richtung hindurchfliessen kann.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Kanales, woselbst die Oeffnungen 4 Fuss breit und 3 Fuss hoch sind, hat man den Schluss der Klappe gegen den gusseisernen Rahmen dadurch gesichert, dass auf die Ränder der ersteren Holzbohlen aufgeschoben, und der Rahmen an den entsprechenden Stellen mit Leder-Streifen ausgefüttert ist. Um aber die Klappe, wenn sie geschlossen bleiben soll, scharf gegen den Anschlag des Rahmens zu pressen, ist hier noch ein eigenthümliches Mittel in Anwendung gebracht. Während man nämlich sonst die Klappe nur durch Drehung der Axe mittelst einer Kurbel in die betheiligte Stellung zu geben pflegt, und sie etwa durch einen Haken darin erhält, hat man bei diesem Kanale jedem Flügel der Klappe an seinem obern Rande mit je einem Quadranten versehen, worin ein Getriebe eingreift. Die letzteren aus einer einzölligen eisernen Stange bestehend, führen bis über die Laufbrücke auf dem Thore herauf, und enden in eine Kurbel. An derselben Axe befindet sich noch eine eiserne Scheibe, die in einer Zwinge sich bewegt, und die letztere mittelst einer Schraube geschlossen wird, so hält die Axe des Getriebes und folglich auch die Klappe in der betheiligten Stellung. Es ist aber nicht zu verkennen, dass der Mechanismus, so wie die Handhabung desselben hierdurch complicirter geworden ist, als er sonst zu sein pflegt.

Von der gewöhnlichen Anordnung der Umläufe, welche die Oeffnungen zum Füllen und Leeren der Schleusenkammer bilden, nun nicht in den Thoren, sondern zur Seite derselben, an den Mauern der Häupter anbringt, ist schon oben (§. 1) Rede gewesen. Es mag hier nur daran erinnert werden, dass die Umläufe gewöhnlich in horizontaler Richtung gekrümmt sind, indem sie aus den Thorhülsen ausgehen und entweder in die Schleusenkammer oder in das Unterwasser hinter dem Unterpel ausmünden. Im letzten Falle, also wenn sie in den Thalhülsen liegen, haben sie kein Gefälle, oder ihre Sohlen sind horizontal gelegt. In den Oberhäuptern dagegen muss die Sohle jedes Umlaufes sich vom Oberhoden auf den Unterhoden der Schleuse senken, sie erhalten daher das ganze Gefälle,



Schleuse hat. Zuweilen vertheilt man dieses Gefälle gleichmäßig auf ihre Länge, und legt nur die beiden Mündungen auf kurze Entfernungen horizontal. Dadurch wird aber die Ausübung insofern erschwert, als die Tonnen- oder Kappen-Gewölbe den Krümmungen auch ansteigen müssen. Bei Anwendung von Plansteinen bildet sich hierdurch ein complicirter Steinschnitt, den nur geübte Arbeiter richtig darstellen können. Man vertheilt aber häufig das Gefälle allein auf den geraden Theil des Umlaufes und legt die Krümmungen desselben horizontal. Gegen diese Anordnung ist wohl nichts zu erinnern, wenn man aber noch weiter geht und das ganze Gefälle auf einen Punkt concentriert, indem man einen senkrechten Wassersturz bildet, wie 297 und 298 auf Taf. LXV angeben, so wird hierdurch meistens ein Theil des Vortheiles aufgehoben, den der Umlauf führen könnte. Man hat hierbei, wie bereits oben bemerkt, die Absicht, den Angriff des Wassers auf eine einzelne Stelle nachgewisse zu richten, die man deshalb mit Vorsicht befestigt, wodurch man die andern Theile der Sohle und die Wände des Umlaufes zu sichern glaubt. Diese Absicht ist indessen mit möglichst vortheilhaften Wirksamkeit des Umlaufes nicht vereinbar.

Letztere bedingt nämlich, dass das Wasser im Umlaufe die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser entsprechende Geschwindigkeit annehmen und in Folge der Widerstände von möglichst wenig verlieren soll. Die Anbringung der scharfen Ecken, in welchen die horizontale Richtung plötzlich in die rechte, und letztere dann wieder in die erstere übergeht, erzeugt aber sehr grosse Widerstände. Abgesehen von diesem Verlust an Geschwindigkeit wird aber auch die Absicht, den Angriff des Wassers auf einzelne Punkte zu richten, nicht erreicht, wenn man nicht noch auf andre Weise die Wirksamkeit des Umlaufes stärken will. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Niveau-Differenz besteht nämlich nur so lange, als der Lauf vollständig mit Wasser angefüllt ist, und er nirgend mit freier Luft in Verbindung steht, wie dieses bei Röhrenleitungen der Fall ist. Wenn diese Bedingung vollständig erfüllt ist, so hört aber der Einfluss der verschiedenen Neigungen an verschiedenen Stellen ganz auf, und wenn der Umlauf in seiner

ganzen Länge gleiche Profilweite hat, so ist die Geschwindigkeit am Fusse des vermeintlichen Wassersturzes um nichts grösser, als in der Mündung und jeder andern Stelle, weil das ganze Profil angefüllt ist, und überall in denselben Zeiten Wassermassen hindurchgehen.

Bei den Umläufen, die in den oben bezeichneten dargestellt sind, findet eine solche gleiche Geschwindigkeit nicht statt, und zwar wird dieses durch die über dem Wassersturze angebrachten Oeffnungen verhindert, die zum Theil Schütze oder der Klappen dienen. Durch dieselben wird die Röhrenleitung eine Verbindung mit der äussern Luft, und die Bewegung des Wassers wird hierdurch bedeutend gehindert. Die Wirksamkeit dieser Oeffnungen giebt sich sehr merklich durch ein lautes Sausen, ähnlich wie bei einem Ventilator-Gebläse zu erkennen, besonders wenn die Schleuse ein grosses Gefälle hat und der Wasserspiegel in der Kammer ziemlich niedrig ist. Man überzeugt sich aber leicht, dass die äussere Luft mit grosser Hefigkeit in die Oeffnung, als in den Umlauf hineinströmt. Hieraus folgt augenscheinlich, dass die Theile des Umlaufes nicht soviel Wasser zuliesst, um die ganze Strecke zu füllen. Die Füllung geschieht daher theilweise mit Luft, und da diese in Uebereinstimmung mit sonst bekannten Erscheinungen vom Wasser mit fortgerissen wird, setzt sie sich durch einen ununterbrochen hinzuströmenden Luftstrahl. Hieraus ergiebt sich, wie sehr die Wirksamkeit des Umlaufes bei dieser Anordnung geschwächt wird. Das im Wassersturze befindliche Gefälle verliert allen Einfluss auf die Bewegung im obern Theile des Umlaufes, letztere hängt vielmehr von der Höhe des Wasserspiegels über dem Wassersturze ab. Die Bedingung, dass das ganze Gefälle zur Beschleunigung des Wasserzuflusses benutzt werde, wird daher keineswegs erfüllt, und man überzeugt sich leicht, dass solche Umläufe so langsam die Kammer anfüllen, als wenn man die Oeffnungen an den Thoren angebracht hätte.

Etwas weniger nachtheilig würde die Anordnung sein, wenn man möglichst nahe an der obern Mündung schon eine Neigung in der Sohle des Umlaufes anbrächte, aber viel

Der ist es, wie auch in den meisten Fällen und namentlich bei Englischen Kanalschleusen immer geschieht, das Schütz oder Klappe in die obere Mündung zu verlegen, also den Umlauf vollständig als Röhrenleitung wirken zu lassen, und ihn nirgend durch die Verbindung mit der äussern Luft zu unterbrechen. Ausserdem ist es aber auch gewiss sehr wichtig, ganz scharfe Kammungen darin zu vermeiden.

Gemeinhin bringt man ganz symmetrisch an jeder Seite Haupten einen Umlauf an, und wenn beide, wie immer geschieht, gleichzeitig geöffnet werden, so treffen beide Strahlen in der Kammer zusammen und indem dadurch ihre Richtung abgeändert wird, so findet kein Stoss gegen die Kammermauern statt, dieselben mit der Zeit beschädigen würde. Bei Doppelschleusen von der Fig. 289 dargestellten Anordnung findet eine solche Abhebung des Seitenstosses nicht vollständig statt, zum Theil aber doch ein, und bei der grossen Breite der Kammer der Stoss des Wassers gegen die Mauer überhaupt nicht von Bedeutung.

In vielen Fällen begnügt man sich mit einem einzelnen Umlaufe. Beim Unterhaupt ist dieses ohne Nachtheil, da man die untere Mündung desselben in die Richtung des Unterkanales an kann, beim Oberhaupt tritt dagegen in diesem Falle der Uebelstand ein, dass der austretende Strahl die gegenüberliegende Kammermauer trifft, und bei der stark wirbelnden Bewegung, die in der Schleuse erzeugt, die Schiffe mit grosser Vorsicht bewegt und gehalten werden müssen. Minard erwähnt, dass die Uebelstand sich sehr unangenehm bei den Schleusen des Kanals von Briare zu erkennen giebt, er rühmt indessen die gute Haltung der Umläufe an jenen Schleusen, die ohne dass man bedeutenden Reparaturen etwas wüsste, zwei Jahrhunderte lang benutzt sind, und sich noch in gutem Zustande befinden. Es ergibt sich hieraus, dass die Besorgniss einer baldigen Beschädigung der Mauern zur Seite eines Umlaufes im Allgemeinen nicht begründet, wenn auch ohne Zweifel die Anwendung guter Materials und sorgfältige Arbeit hierbei vorzugsweise erforderlich sind. Bei Erbauung dieser Schleusen wendete man eine eigenthümliche Vorsichts-Massregel an, um die Mauern gegen Angriff des strömenden Wassers zu sichern, man bekleidete

nämlich den Kanal mit gefügten Bohlen. Derselben sind längst zerstört, während die Mauer sich in durchaus gutem Stande befindet.

In den Oberhäuptern der Englischen wie der Französischen Kanalschleusen ist häufig eine Anordnung der Umläufe gewählt, wonach dieselben grossentheils in einer Vertikalen bleiben, welche die Schleusen-Axe senkrecht durchläuft. Der Umlauf geht nämlich wie gewöhnlich aus der Thorkammer aus. Ohne sich jedoch der Schleusenkammer zu nähern, tritt er senkrecht bis zum Unterboden herab, und tritt in diesem unter den Thorkammerboden, von wo er in der Längsrichtung der Schleuse durch den Abfallboden in die Kammer ausläuft. Gauthey gab diese Einrichtung den Schleusen des Canal de St. Denis, der im Jahre 1786 vollendet wurde, und der die Verbindung zwischen der Saône und Loire zwischen Châlons-sur-Marne darstellt. Fig. 340 zeigt ein Oberhaupt dieser Schleusen. *a* in der Ansicht von oben und zugleich im horizontalen Durchschnitt unter dem Thorkammerboden, *b* im senkrechten Durchschnitt durch die Längs-Axe der Schleuse, und *c* im rechten Querschnitte durch die Seitenkanäle. Letztere sind in den Thornischen, woselbst besondere Nischen von quadratischem Querschnitte in den Mauern angebracht sind. An der Sohle jeder dieser Nischen liegt die eigentliche Mündung des röhrenförmigen Kanals. Derselbe hält etwa 1½ Fuss im Durchmesser senkrecht bis zur Höhe des Unterbodens herab und tritt dann in den nahe 10 Fuss weiten und 4 Fuss hohen oberen Kanal, der sich unter dem Oberboden befindet, und mit der Thorkammer in unmittelbarer Verbindung steht. Die Ventile zum Abschliessen der Umläufe befindet sich in den Oeffnungen der röhrenförmigen Kanäle, und bestand ursprünglich aus Kegel-Ventilen, welche man in die entsprechend geformten Oeffnungen herablassen konnte.

In ähnlicher Weise sind bei diesen Schleusen auch die Unterhäupter mit Umläufen versehen. Auf jeder Seite ist in der Thornische wieder eine zweite Nische etwa 2 Fuss breit und 4 Fuss hoch, angebracht, deren Sohle mit dem Thorkammerboden in gleicher Höhe liegt. In dieser Sohle befindet sich eine kegelförmig erweiterte Mündung des cylindrischen Kanals.

## 109. Füllen und Leeren der Kammern. 237

senkt sich auch hier etwa 3 Fuss tief, geht alsdann parallel Längsrichtung der Schleuse bis in die Mitte des Hinterbottens, also etwa 7 Fuss hinter die Wendenische, erhebt sich dann senkrecht, und tritt eben so, wie er aus der Thorkammer herangekommen war, durch eine Seitennische über den Hinterbottensschleuse. Es könnte auffallend erscheinen, dass auch die Mündungen des Unterhauptes bis unter den Schleusenboden herabtreten sind, da doch die beiden Mündungen jedes dieser Kanäle in gleicher Höhe liegen, die obere Mündung sogar wegen Senkung des Thorkammerbodens noch etwas tiefer sich befindet, als die untere. Man hätte sonach, wenn es sich nur um Darstellung der Verbindung handelte, die beiden Krümmungen des Kanales ersparen können. Dieses verbot sich indessen zuerst durch die gewählte Art des Verschlusses, die sich nur anwenden liess, wenn die Mündung des cylindrischen Kanales in der Nische lag, und hierzu kam wahrscheinlich auch der Grund, dass Gauthey wohl mit Recht eine Schwächung des Theiles der Wendenische besorgte, und selbst die Befestigung des Schleusenthores gefährdet erscheinen mochte, wenn der Kanal dicht hinter der Wendenische vorbeigeführt wäre. Die erwähnten cylindrischen Kanäle sind aus Werksteinen erbaut, und zwar in der Art, dass gar keine Fugen in Längsrichtung vorkommen, die cylindrischen Oeffnungen sind jedesmal in einzelnen Steinen von grossen Dimensionen dargestellt. Hierdurch wurde allerdings den Kanälen eine grössere Festigkeit gegeben, was bei den geringen Mauerstärken auch nöthig war, dagegen wurde die Anlage wegen erforderlichen grossen Steinen sehr vertheuert, und dennoch war man aus diesem Grunde gezwungen, wie bereits erwähnt, die lichte Weite der Kanäle auf das geringe Maass von  $1\frac{1}{2}$  Fuss zu beschränken. Die Füllung und Leerung der Schleusen erfolgte deshalb sehr langsam. Die ganze Anordnung zeigte sich noch in anderer Hinsicht als unvortheilhaft. Indem nämlich die erwähnten Röhren überhaupt in senkrechter Richtung ausmünden, so treffen ausstritzenden Wasserstrahlen mit Heftigkeit das schwache Unterhaupt über dem weiten Kanale, der unter der obern Thorkammer liegt, und dieses leidet dabei so sehr, dass starke Filtrationen des Oberwassers nach der Kammer ganz unvermeidlich sind,



und selbst durch häufiges Verstreichen der Fugen nicht werden können. Auch die in der Figur angedeutete Verschlusses der Umläufe zeigte sich bald als unbrauchbar, musste wesentlich abgeändert werden, wovon im Folgenden Rede sein wird.

Die eben beschriebene Einrichtung der Umläufe, wie sich zum Theil in den Schleusen des Kanales von St. Quentin in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts ausgeführt, zwischen St. Quentin und Cambray die Schelde und Saart verbindet. Man hat indessen die eben erwähnten, beim Centre bemerkten Uebelstände hier theils durch Vergrößerung der Weite der cylindrischen Kanäle, theils auch dadurch zu vermeiden gesucht, dass man die Umläufe des Oberhauptes in einen überwölbten Kanal unter dem Oberboden führte, mehr eben so, wie Gauthey dieses im Unterhaupte hergebrachte, hinter den Schlagschwellen durch besondere Nischen in Schleusenmauern ausmünden liess. Die Verbindung dieser mit den cylindrischen Kanälen findet auch in den Schleusen des Kanales von St. Quentin jedesmal am Boden der Nische statt, dass der austretende Wasserstrahl wieder aufwärts gerichtet wird, indem er über die Derke der Nische trifft, worüber das Mauerwerk sich befindet, so kann er nicht so nachtheilige Störungen, wie unter dem Oberboden veranlassen. Die cylindrischen Kanäle sind hier 2 Fuss weit, und wieder in Werksteinen gestellt. Man hat jedoch nur hin und wieder die volle Weite des Kanales in einem einzigen Steine gebildet. Grossen Theils nur der halbe Querschnitt in den Bodensteinen ausgeführt, die Decke ist durch Ueberwölbung aus zwei oder drei Steinen gebildet.

In den Englischen Kanalschleusen sind die Umläufe so angeordnet, dass sie nicht tiefer herabgeführt werden, als die untern Mündungen liegen, woher die austretenden Ströme auch nicht vertikal aufwärts, sondern horizontal gerichtet werden. Ausserdem hat man hier auch häufig die Umläufe aus gegossenen Röhren gebildet, wodurch die Construction vereinfacht wird. Bei den Kanälen in der Nähe von Birmingham liegen diese gusseisernen Röhren nicht in den Schleusen, sondern hinter denselben. Die Anbringung der Umläufe

In diesem Falle gar keine Verstärkung der Mauern, die man ohnehin als einen damit verbundenen Uebelstand anzusehn pflegt. Zudem sind bei den gusseisernen Röhren weit weniger Bewegungen, als bei gemauerten Kanälen zu besorgen, und endlich auch bei dieser Anordnung ein wasserdichter Abschluss leichter darzustellen, als wenn die Oeffnung im Mauerwerk nicht wäre. Eine Schwierigkeit tritt hierbei freilich insofern ein, als der Mörtel mit dem Gusseisen nicht fest zu binden pflegt. Kann diesem Uebelstande aber dadurch begegnen, dass man die Röhren an den Stellen, wo sie in der Mauer liegen, noch mit dicken Rändern versieht, welche sorgfältig in die Steine einpassen und mit Mörtel umgeben werden. Ausser den Erschütterungen beim Ziehen und Schliessen der Schütze giebt es auch eine Veranlassung zur Trennung der Röhren von der Mauer, nämlich bei eintretender Temperatur-Veränderung sehr übereinstimmend sich ausdehnen, oder zusammenziehen. Die Röhren sind gewöhnlich in der Nähe der beiden Enden nach Quadranten gekrümmt, so zwar liegen diese Krümmungen schon hinter den Mauern in der Hinterfüllungs-erde. Der dazwischen befindliche Theil der Röhre ist aber gerade, und liegt sonach neben einem Unterhaupt nahe horizontal, dagegen neben einem Oberhaupt, dem die der Schleuse entsprechend, mehr oder weniger gegen den Strom geneigt. Die Röhren haben nach Massgabe der Dimensionen der Schleusen, die Weite von 1 bis 2 Fuss. Fast jedesmal liegen in jedem Schleusenhaupt zwei Umläufe. Die Füllung und Entleerung der Schleuse wird hierdurch ausserordentlich bequemer, und zwar um so mehr, als bei dieser Anordnung die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers jedesmal durch die Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt ist. Die Zusammensetzung der Röhren ist dieselbe, wie bei ähnlichen Wasserleitungen, doch pflegt man wegen der grossen Weite hier die Methode zu wählen, dass jedes Röhrenstück mit umgebogenen Rändern versehen ist, welche mittelst Laubenhölzen mit den Rändern des nächsten Stückes verbunden werden. Die obere Mündung steht am vortheilhaftesten, wie es geschieht, mit einem gusseisernen Rahmen in Verbindung, durch den ein gusseisernes Schütz sich bewegt.

Bei der auf Taf. LIX Fig. 262 dargestellten massiven

Schleuse auf dem Ellesmere- und Chester-Kanale, die von Telford erbaut ist, hat nur das Oberhaupt Umläufe, wogegen das Ablassen des Wassers aus der Kammer Schütz-Öffnungen, die den Unterthoren angebracht sind. Jene Umläufe bestehen aus gemauerten Kanälen von vierseitigem Querschnitt. Diese Kanäle senken sich wieder, so dass sie unter den Oberboden treten. Hier vereinigen sie sich und münden durch einen weiteren Kanal an den Schlagschwellen horizontal in die Kammer aus. Die Mündung des letzten Kanales zeigt Fig. 262 c.

Auch bei den auf demselben Kanale ausgeführten eisenen Schleusen, die bereits §. 101 beschrieben sind, ist eine ähnliche Anordnung gewählt. Aus jeder Thornsche des Oberhauptes führt eine mit einem Schütz zu verschliessende Röhrenleitung. Dieselbe krümmt sich zunächst in vertikaler Richtung nahe zwei Quadranten, wodurch sie unter den Thorkammerboden geführt wird. Hier krümmt sie sich in horizontaler Richtung einen Quadranten und mündet im Abfallboden in die Schleusenkammer. Eine Vereinigung der beiden Röhren findet hier nicht statt.

Sehr abweichend von allen bisher beschriebenen ist der Umlauf an den Schleusen des Montgomery-Canales angeordnet. Derselbe liegt nämlich ganz in der Schleusenaxe. Er geht nicht aus der Thornsche, noch überhaupt aus einer Seitenmauer der Schleuse aus, vielmehr liegt seine obere Mündung in dem Vorboden des Oberhauptes. Er besteht aus einer gusseisernen Röhre von 2 Fuß Weite, die zunächst senkrecht abfällt und, indem sie in einem Quadranten gekrümmt ist, in die horizontale Richtung übergeht. Sie wird unter dem Thorkammerboden, den Schlagschwellen und dem Hinterboden fortgeleitet, und mündet horizontal in die Kammer aus. Diese Anordnung ist vergleichungsweise mit anderen besonders einfach, und zeichnet sich auch dadurch aus, dass die Röhre nur einmal, nämlich in vertikaler Richtung um einen Quadranten gekrümmt ist. Die Schliessung des Umlaufes erfolgt durch eine gusseiserne Platte, die über die Mündung der Röhre geschoben werden kann. Diese Platte ist nichts anderes, als ein horizontales Schütz, und der eiserne Rahmen, worin dieselbe sich bewegt, steht in unmittelbarer Verbindung mit dem ersten Theile der Röhre. Der Querschnitt der Röhre geht ab

der Schützöffnung entsprechend, in die quadratische Form. Er misst in jeder Seite 2 Fuss.

Das Schütz ist mit einer horizontalen Zugstange versehen, die auf einer Seite unter die Schleusenmauer tritt. Hier ist die Stange mittelst eines Charniers mit einem gusseisernen, vertikal aufgestellten zweiarmigen Hebel verbunden. Die Drehungsachse des Hebels liegt über der Mauer, und ist durch einen Zapfen gebildet, der in einer eisernen Pfanne ruht. Der untere Arm des Hebels ist 6 Fuss lang, der obere 4. Letzterer trägt einen gebogenen eisernen Bogen, und die Zähne desselben greifen in ein Riefenprofil, das mittelst eines Vorgeleges durch eine Kurbel bewegt wird. In Folge der Drehung der Kurbel bewegt sich jener gebogene Bogen, und die am andern Hebelsarme angebrachte Zugstange nimmt zugleich mit dem Schütz eine entgegengesetzte Bewegung an.

Die zum Aufziehen dieses Schützes erforderliche Kraft ist zwar allein durch die Reibung des Schützes, also grossentheils von dem Wasserdruck bedingt. Dieser hängt aber keineswegs von dem Wasserstande über dem Schütz ab, er entspricht vielmehr der ganzen Niveau-Differenz des Ober- und Unterwassers, wenn die Röhre ganz mit Wasser gefüllt bleibt. Ein Theil der Wassersäule steht auf dem Schütze, der andre und zwar der meiste, hängt daran, drückt dasselbe aber in gleicher Weise an, als wenn er sich darüber befände. Man überzeugt sich leicht, dass dieses Verhältniss sich nicht ändert, wenn das Schütz nicht vollkommen wasserdicht schliesst. Die Reibung, oder zum Ziehen erforderliche Kraft, würde daher, wenn nicht eine andere Massregel noch in Anwendung gebracht wäre, bei dem grossen Durchmesser des Umlaufes und dem bedeutenden Schleusenfälle auch sehr bedeutend geworden sein. Es war indessen nöthig, den von der Wassersäule unter dem Schütze herrührenden Druck, der bei der hohen Lage des Oberbodens den grössten Theil des ganzen Druckes bildet, zu beseitigen. Man durfte sich nur durch Einführung von Luft, die Röhre unter dem Schütz bis zum Spiegel des Wassers in der Kammer entleeren. Ist demnach eine enge Röhre von der Oberfläche der Schleusenmauer bis in den Umlauf unterhalb des Schützes geführt, so wird die Bewegung des Letztern so erleichtert, dass



der Knabe, welcher die Leinpfede treibt, ohne Mühe und sehr schnell den Umlauf in Thätigkeit setzen kann.

Es mass indessen darauf aufmerksam gemacht werden, dass diese Luftröhre, wie vorthailhaft sie auch in der eben ten Beziehung wirkt, dennoch die Wirksamkeit des Umlauf einträchtigt, insofern sie demselben, auch wenn er in Thätigkeit ist, ohne Zweifel Luft zuführt, und dadurch in doppelter Beziehung die Strömung schwächt. Zunächst ist nämlich nicht der ganze Querschnitt der Röhre mit Wasser, sondern auch noch mit Luft angefüllt, es vermindert sich also hierdurch die durchströmende Wassermenge. Sodann aber wird der Zutritt der Luft auch der Druck des in der Röhre befindlichen Wassers verringert; die Röhre wirkt nicht mehr wie ein Heber, oder die Geschwindigkeit darin ist nicht mehr unmittelbar der Niveaudifferenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt. Es ist demnach gewiss vorthailhafter sein, vor dem Oeffnen des Schützes jedesmal die Luftröhre zu schliessen, doch bliebe auch in diesem Falle noch der Zweifel, ob die im Umlaufe befindliche Luft genug vom durchströmenden Wasser fortgerissen wird, oder ob sie vielleicht sich noch lange darin erhält, und dem Wasser den Weg sperrt, theils aber den Druck, der die Geschwindigkeit bedingt, vermindert.

Die eben angeregten Umstände kommen keineswegs bei der zuletzt beschriebenen Einrichtung der Umläufe in Betracht, vielmehr sind sie von weit grösserer Bedeutung, indem sie auf alle Umläufe Einfluss üben. Schon oben wurde darauf aufmerksam gemacht, dass durch Zuführung von Luft die Wirksamkeit eines Umlaufes wesentlich beeinträchtigt wird, und derselbe nicht so schnell füllt, wie er dieses thun würde, wenn er, wie ein Heber, bis auf seine beiden Mündungen ganz geschlossen wäre. Findet aber Letzteres statt, so ist das geschlossene Schütz jedesmal einem Drucke ausgesetzt, der der ganzen Niveaudifferenz der beiderseitigen Wasserstände entspricht. Es ist daher die Frage, ob es vorthailhafter ist, diesen Druck zu vermindern und dadurch das Oeffnen des Schützes zu erleichtern, oder dem Umlaufe seinen ganzen Effect zu sichern. Wahrscheinlich ist der letzte Vorthail der grössere, wenigstens bei einer häufigen Schifffahrt, und man würde denselben wahrschein-



meisten Fällen nicht aufgeben, wenn man die Folgen eines Zuleitens der Luft in Ueberlegung gezogen hätte.

Die Vorrichtungen, deren man sich zum Schliessen Umläufe bedient, sind grossentheils bereits erwähnt worden, nur einige derselben, die freilich nicht häufig Anwendung finden, oder von denen man bald wieder abgegangen ist, wären in der Eigenthümlichkeit ihrer Zusammensetzung zu beschreiben. Nichts desto weniger muss über die Anordnung der Ersteren noch Einiges bemerkt werden, und sie sind daher im Folgenden vollständig zusammengestellt.

Die Schütze, und zwar solche, welche senkrecht aufgezogen werden, findet man am häufigsten angewendet, und sie eignen sich auch wohl am meisten zu diesem Zwecke, da man sehr bedeutende Oeffnungen durch sie schliessen kann, ihr Schluss, indem er durch den Wasserdruk unterstützt wird, ziemlich dicht und ihre Bewegung nicht gegen den Wasserdruk erfolgt, von diesem nicht unmittelbar behindert wird. Nur die Reibung, welche Letzterer verursacht, muss beim Ziehen der Schütze überwunden werden. Da die Reibung aber zwischen glatten und ebenen Flächen sehr geringe wird, so kann man sie namentlich in der Anwendung des Gusseisens auf ein geringes Maass zurückbringen.

Gusseiserne Schütze kommen indessen bei Umläufen keineswegs häufig vor, ihr grosses Gewicht würde auch in vielen Fällen Anbringung von Gegengewichten bedingen. Gewöhnlich benützt man hölzerne Schütze, die in derselben Art wie in den Freileitungen und an den Schleusenthoren zusammengesetzt sind. Sie setzen sich gewöhnlich in hölzernen Rahmen, doch zuweilen auch in steinernen. Ein Beispiel von der Zusammensetzung der letzteren ist in Fig. 299 a, b und c dargestellt. Zur Anwendung in steinernen Rahmen, wobei die Reibung allerdings sehr beträchtlich ist, entschliesst man sich gemeinhin nur, wenn die Schütze im Innern der Umläufe angebracht sind, und daher eine Bewegung der Schwellen und Seitenstücke sehr schwierig wäre, man aber doch von Zeit zu Zeit vornehmen müsste, falls man Holz gewählt hätte.

Die passendste Stelle erhält das Schütz in der obern Mündung des Umlaufes, weil man alsdann das Zutreten der Luft ganz

vermeidet, wodurch, wie nachgewiesen, die Wirksamkeit des Umlaufes beeinträchtigt wird. Ausserdem ist es in diesem auch immer leichter, Gegenstände zu entfernen, welche das Schliessen des Schützes verhindern, auch lassen sich Reparaturen und selbst Erneuerungen einzelner Theile dabei ziemlich vornehmen. In manchen Fällen, wie etwa bei den Fächerschleusen, welche im folgenden Abschnitte beschrieben sind, muss der Schütz im Innern der Mauern anbringen, und häufig ist dieses auch bei gewöhnlichen Umläufen, um die Winden, die Ziehen der Schütze dienen, nicht unmittelbar an den Mauern stellen zu dürfen, wo sie die Handhabung der Taue Aus- und Einholen der Schiffe erschweren würden. Auch der Fall nicht selten vor, dass man zur Erreichung eines möglichst wasserdichten Schlusses zwei Schütze hinter einander anwendet, von denen das Eine durch das Andre unterstützt und das zweite jedenfalls im Innern des Umlaufes angebracht werden muss.

Ueber die horizontalen Schütze, die wohl sehr selten kommen, wäre nur zu bemerken, dass sie stets unter Wasser liegen, und daher ihre Beaufsichtigung und Instandsetzung schwieriger ist. Es darf daher als Regel gelten, dass sie aus dauerhaftem Material, also aus Gusseisen dargestellt werden müssen.

Die Vorrichtung zum Schliessen der Umläufe, welche zuerst an den Schleusen des Canals du Centre angewendet wurde, dem man sich von der Unzweckmässigkeit der Kegelventile zu überzeugen hatte, und die auch später an den Schleusen des Canals von St. Quentin angebracht wurde, ist noch als ein Schütz zu betrachten. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen dadurch, dass die schliessende Fläche nicht eine Ebene, sondern cylindrisch gekrümmt ist; sie wird in ihrer Lage auch nicht durch übergreifende Leisten oder Griessäulen, vielmehr durch eine horizontale Drehungsaxe gehalten. Letztere fällt aber nicht mit der Axe des Cylinders zusammen, zu welchem die Fläche des Schützes gehört, sondern liegt etwas unterhalb derselben. Dadurch wird der Vortheil erreicht, dass das Schütz nur, wenn es geschlossen ist, die entsprechende Fläche des Rahmens berührt, es sich sofort von derselben entfernt, und sonach auch die Reibung dagegen aufhört, wenn es nur etwas gehoben ist. Die

Ordnung entspricht demnach wesentlich der §. 103 beschriebenen Methode des Versetzens der Drehungsaxe in den Wendeskülen der Thore, wodurch man gleichfalls die Reibung zu beseitigen absichtigt.

Die eben bezeichnete Anordnung wurde in den Schleusen des Canals du Centre in der Art angebracht, dass man in den oben beschriebenen Nischen, in deren Sohlen die obern Mündungen der cylindrischen Kanäle liegen, hölzerne Rahmen einsetzte, die jedesmal bis auf eine Oeffnung von etwa 2 Fuss Breite und Höhe die Verbindung mit der Thorkammer abschlossen. Die Verbandstücke, welche die frei bleibende Oeffnung umgaben, waren, auf der Seite der Nische oder dem Umlaufe zugekehrt, cylindrisch gerundet, und dieselbe Form hatte auch das Schütz oder die Klappe, welche sich in dieser Nische befand. Letztere, gleichfalls aus Holz bestehend, war mittelst zweier Arme an eine horizontale Drehungsaxe an die hintere Wand der Nische befestigt. Diese lag aber einige Zolle tiefer, als die Axe des Cylinders, nach der Fläche sowohl das Schütz, als der Rahmen, an den es lehnte, abgerundet waren. Zwischen den beiden Armen, die das Schütz mit der Axe verbinden, war ein Riegel eingesetzt, welcher fasste die Zugstange, die über der Schleusenmauer durch einen doppelarmigen Hebel, in gleicher Art, wie früher das Ventil, gehoben wurde.

Ein Uebelstand, der hierbei zunächst sehr auffallend ist, besteht darin, dass der Wasserdruck nicht auf der Seite des Schützes, sondern des Rahmens stattfindet. Ersteres erhält also durch den Druck nicht einen festen Schluss, vielmehr wird es zurückgedrängt, so dass die Fugen öffnen sich. Dieses musste hier um so nachtheiliger sein, als alle Verbindungen nur aus Holz bestanden, und sehr leicht nachgeben konnten, um so mehr, da sie in dem abgeschlossenen Raume der Nische nur selten oder nie vollständig getrocknet wurden, aber stets feucht blieben, und daher sehr bald verrotten mussten. Man hat daher auch diese Einrichtung nachher Zeit aufgegeben. Dasselbe ist auch bei den Schleusen des Canals von St. Quentin geschehn, wo die gleiche Art des Versetzens ursprünglich an allen Umläufen angebracht wurde. Im Jahre 1822 waren alle Thore mit gewöhnlichen Schützen versehen, und die Umläufe wurden gar nicht mehr benutzt.

Wesentlich verschieden von den Schützen sind diejenigen Vorrichtungen zum Absperren der Umläufe, welche beim Oeffnen derselben gegen den Wasserdruck gehoben werden. Die Reibung wird dabei freilich beinahe ganz beseitigt, aber dennoch muss der Wasserdruck unmittelbar überwunden werden, und hier ist jedesmal eine viel bedeutendere Kraft erforderlich. Am häufigsten werden einfache Kegel-Ventile benutzt, welche die konische Erweiterung in der Mündung des Umlaufes schliessen. Um diese Ventile aber mittelst gewöhnlicher Hebel aufheben und herabsenken zu können, müssen die Mündungen der Umläufe aufwärts geneigt sein. Dieses war die Einrichtung, welche Gauthey ursprünglich für die Schleusen des Canals du Centre wählte, sie kommt auch bei verschiedenen kleineren Kanälen in England vor. Die zum Heben der Ventile erforderliche Kraft ist von der Weite der Umläufe abhängig. Wenn Letztere nur etwa einen Fuss weit sind, so kann man wohl ohne besondere Mühe mittelst eines Hebels das Ventil mit einem Stosse weit genug entfernen, um den Umlauf in Thätigkeit zu setzen. Bei weiteren Oeffnungen verhält sich dieses aber, und das Ventil dürfte alsdann überhaupt nicht mehr mit Vortheil zu benutzen sein.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canales wollte Pechmann ursprünglich \*) Kegel-Ventile anwenden, wodurch die 24 Fuss weiten Umläufe geschlossen werden sollten. Er beabsichtigte diese Ventile nicht durch die gewöhnlichen mechanischen Vorrichtungen heben und schliessen zu lassen, vielmehr sollten sie ganz von selbst durch den Wasserdruck heben und senken. Zu diesem Zwecke hatte er grosse Gefässe projectirt, an deren Boden jedesmal ein Ventil angebracht war. Ein solches Gefäss befand sich in jeder Nische und konnte durch verschiedene Oeffnungen mit dem Ober- und Unterwasser in Verbindung gesetzt und durch beliebig gefüllt, oder geleert werden. Im ersten Fall drückte es auf das Ventil und hielt dasselbe geschlossen, im letzteren dagegen hob es das Ventil, indem dieses so viel Tragfähigkeit hatte, dass es den Wasserdruck überwand. Dieser Vorschlag indessen nicht zur Ausführung gebracht und, soviel bekannt,

\*) Pechmann, Entwurf für den Kanal zur Verbindung der Donau mit dem Main. München 1832.

gar nicht einmal versucht worden. Die Schlessen dieses alles haben keine Umläufe erhalten, vielmehr sind die Thore, bereits oben erwähnt, mit Oeffnungen versehen, die mittelst starker eiserner Klappen geschlossen werden.

Die in Fig. 298 auf Taf. LXV angedeutete Vorrichtung zum Leeren des Umlaufes wird eben so, wie die Kegel-Ventile, durch den Wasserdruck geöffnet. Sie besteht aus einer guss-ernen Platte oder Klappe, die auf dem abgeschliffenen, vorderen Rande eines gusseisernen Rahmens aufliegt, und an

der Seite mit demselben durch ein Charnier verbunden ist. Sie wird durch eine Kette mittelst einer Winde gehoben und herabgelassen. Da jedoch die erforderliche Kraft für die verschiedenen Stellungen der Klappe sehr verschieden ist, so legt sich die Kette nicht auf eine kreisförmige Rolle, sondern auf ein Schneckenrad

Die Rinne, worin die Kette liegt, ist der Drehungsaxe sehr nahe, wenn die Klappe geschlossen ist, entfernt sich von jener immer mehr, je weiter man die Klappe hebt. Es stellt sich auch im Anfange der Bewegung ein weit grösseres Verhältniss zwischen Kraft und Last dar, als bei höherem Stande der Klappe. Je desto weniger ist das erste Anheben der Klappe doch sehr schwierig. Da bei dieser Einrichtung der Zutritt der

Luft nicht vermieden werden kann, so würde die Anbringung einer Luftröhre, die unter die Klappe führt, ohne Nachtheil sein, wahrscheinlich das Anheben der Klappe wesentlich erleichtern, durch die eintretende Luft der Druck der an der Klappe stehenden Wassersäule aufgehoben würde. Diese Einrichtung ist wenigstens bei gut schliessenden Klappen vortheilhaft sein.

Von den mechanischen Vorrichtungen, wodurch die Ventile, Schieber oder Klappen, und zwar ebensowohl in den Schlessenthoren, als in den Umläufen bewegt werden, ist vorstehenden nur beiläufig die Rede gewesen. Einige Bemerkungen über dieselben müssen daher hier noch gemacht werden, dass jedoch eine nähere Beschreibung der bekannten hierzu dienenden Maschinen gegeben werden darf.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass diejenigen Arten des Verschlusses, welche den Bedingungen am meisten entsprechen, nämlich einen scharfen und wasserdichten Abschluss der Oeffnungen darstellen, und zugleich das Maass der letztern nicht be-



beschränken, vielmehr die Bildung eines recht kräftigen Stromes gestatten, nur mit bedeutender Kraft gelöst werden können. Es wäre aber ganz unstatthaft, diese Kraft durch eine zusammengesetzte Maschinerie in der nöthigen Stärke darzustellen zu wollen, denn dadurch würde nicht nur die Reibung und mit derselben die ganze Summe der erforderlichen Kraft vergrössert, sondern auch die Bewegung des Schützes oder der sonstigen Vorrichtung verzögert. Bei grossen Schleusen und namentlich in Seehäfen fehlt es gemeinhin nicht an hinreichender Menschenkraft, kräftig wirkende Maschinen vollständig besetzen zu können; bei Kanalschleusen, die oft sehr isolirt liegen, darf man bei den Einrichtungen wählen, zu deren Bewegung mehrere Leute erforderlich wären. Dazu kommt für diejenigen Maschinen, die die Bewegung der Schütze oder Klappen in den Thoren dienen, noch die Bedingung, dass sie nicht viel Raum einnehmen dürfen, indem sie auf die schmalen Trittbretter oder Laufbrücken gestellt und daselbst bewegt werden müssen. Endlich wäre auch daran zu erinnern, dass es wenigstens in vielen Fällen sehr nützlich ist, wenn diese Vorrichtungen nicht nur die Oeffnungen machen, sondern auch dieselben sicher schliessen, selbst wenn ein starker Druck des Wassers davor noch stattfindet.

Man hat beinahe alle mechanischen Vorrichtungen, die man gewöhnlich einfache Maschinen nennt, zu dem in Rede stehenden Zwecke angewendet, und wenn die meisten derselben auch in vielen Fällen sich als ganz genügend erwiesen, so kann man es nicht sagen, dass dieses immer geschehn ist. Wenn es zu einem gewissen Wasserverlust nicht ankommt, indem die Schleuse einen hinreichenden Zufluss hat, so eignet sich wohl zur Abschlusser der Oeffnung am meisten die zweiflügelige Klappe (Fig. 3), deren Bewegung nur geringe Kraft erfordert, indem dabei Druck und Gegendruck einander stets gleich sind. Es genügt da, wie in Amerika auch wirklich geschieht, unmittelbar an der Klappe eine Kurbel anzubringen. Mit einem Zuge wird Letztere um einen Quadranten verstellt und dadurch die Oeffnung frei gemacht oder geschlossen. Um aber den Widerstand zu umgehen, grössere Klappen dennoch der Bewegung entgegen setzen zu können, hat man es vorgezogen, eine grössere Anzahl von kleineren anzubringen, und dieselben werden entweder einzeln, eine nach

man aufgestossen, oder man hat auch die verschiedenen Drucksaxen mit einander verbunden und bewegt dieselben gleichzeitig. Wenn dagegen, was bei Kanalschleusen gemeinhin der Fall ist, das disponible Wasserquantum kaum dem Bedürfnisse des Schleusens entspricht, so muss man, um dem Wasserverluste, und die Oeffnungen geschlossen sind, vorzubeugen, eine andre Art Verschlusses wählen. Man wird einen dichten Schluss nur erreichen, wenn das Schütz oder die Klappe durch den Wasserdruck fest angepresst wird; eben dieser Wasserdruck erzeugt alsdann die Bewegung entweder unmittelbar, oder mittelbar

Vergrösserung der Reibung. Der Widerstand ist auch der der geschlossenen Oeffnung proportional, und sonach wird die Kraft, die man anwenden muss, um so grösser, je mehr man

Erweiterung der Oeffnung für die Darstellung eines kräftigen Stromes zur Beschleunigung des Durchschleusens gesorgt. Gerade diese Rücksicht verbietet es, eine Vorrichtung zu wählen, wodurch die Oeffnung nur langsam frei wird, denn der Druck des starken Zuflusses verschwindet, wenn eine geraume Zeit vergeht, ehe derselbe sich einstellt. Die Schwierigkeit, welche man in sehr frequenten Kanälen das schnelle Oeffnen der Schütze darzustellen bietet, sind hiernach in der Natur der Sache begründet, und alle mechanischen Vorrichtungen, die man auch anwenden mag, werden dem Zwecke nicht vollständig entsprechen, wenn man nicht andre bewegende Kräfte benutzen, oder vielleicht gewisse in den Zwischenzeiten herbeigeführte Effecte (gleichzeitige Kraft-Magazine) eine stärkere Kraft momentan disponibel zu machen wollte. Es ist mir nicht bekannt, dass dergleichen jemals gelungen wäre.

Zunächst mag von dem Hebel die Rede sein, der zu diesem Zwecke vielfach angewendet wird. Man kann ihn auf zwei verschiedene Arten benutzen, indem er entweder durch einen Zug geschlossen schliesst oder frei macht, oder stossweise wirkt und dabei nur wenig das Schütz oder die Klappe verschiebt. Die erste Methode ist gewiss in allen Fällen, wo es auf Beschleunigung ankommt, vorteilhafter als die zweite, aber sie verbietet gemeinhin dadurch, dass der Weg, den die Last beschreibt, eine geringe ausfällt, vorausgesetzt, dass man durch Darstellung des richtigen Verhältnisses zwischen beiden Armen die

disponible Kraft gehörig berücksichtigt. Nichts desto weniger man dennoch in einzelnen Fällen die Anordnung in die getroffen, und sie hat bei Benutzung des Kogelvers, welches nicht hoch gehoben werden darf, sich auch ganz mässig gezeigt. Man darf indessen, wie bereits erwähnt, hoffen, sehr weite Oeffnungen dadurch mit Leichtigkeit frei zu können, weil der Wasserdruck dabei zu gross wird, er mit Rücksicht auf die erforderliche Hubhöhe noch mittel einfachen Hebels durch einen einzelnen Menschen über werden könnte.

Auch zum Heben der Schütze in den Thoren ist den Hebel in der Art angewendet, dass durch einen Stoss die Oeffnung frei wird. Die Höhe der gewöhnlichen Oeffnungen verbietet zwar eine solche Anordnung, es ist indessen schon oben darauf hingewiesen, dass man die Wirkungen zu schwächen, oder den Widerstand zu einer höheren Oeffnung in mehrere über einander befindliche Oeffnungen zerlegen kann. Indem alsdann die verschmalen Schütze unter sich verbunden sind, so ist die der Zugstange der Anzahl der Oeffnungen umgekehrt proportional und lässt sich dadurch auf ein so geringes Maass zurück dass ein einzelner Zug des Hebels schon zu ihrer Bewegung genügt.

Diese Einrichtung ist bei der Schleuse zu Royau der Oise getroffen, wiewohl der Hebel daselbst nicht in gewöhnlichen einfachen Form angebracht ist. Man kann der Drehung eines Hebels, ohne das Verhältniss der beiden zu ändern, eine bedeutend grössere Ausdehnung geben, man den kürzern Arm mit einem gezahnten Quadranten und diesen in eine gezahnte Stange greifen lässt. Diese Einrichtung ist an der benannten Schleuse getroffen. Es befinden in jedem Thore derselben drei Schützöffnungen von 7 Fuss und  $5\frac{1}{2}$  Zoll Höhe über einander, und werden getrennt 2 Riegel von  $8\frac{1}{2}$  Zoll Höhe. Die drei Schütze sind durch eiserne Bänder unter sich verbunden, so dass sie gleich gehoben und herabgelassen werden. Diese Bänder vereinigen in der Zugstange, welche oben mit Zähnen versehen sind, greifen in die Zähne des Quadranten von 4 Zoll Ra-

len kürzeren Hebelsarm bildet. Der längere Arm des Hebels, aus eisernen Stange bestehend, ist, wenn die Schütze geschlossen sind, aufwärts gerichtet, indem er aber niedergelegt in eine horizontale Lage gebracht wird, hebt er die Zugstange 6 Zoll hoch, wodurch die Oeffnungen frei werden. Gewiss hat diese Anordnung beachtet zu werden; sie wird auch von uns zur Nachahmung empfohlen.

Die gewöhnliche Anwendung des Hebels zum Ziehen der Schütze ist indessen hiervon wesentlich verschieden, indem man in ähnlicher Weise, wie bei den Freiarchen geschieht, stossend wirken lässt, er also nur langsam durch wiederholtes Heben und Senken die Oeffnung frei macht oder schliesst.

Die alterthümliche höchst mangelhafte Einrichtung, welche jetzt noch bei der Schleuse in Berlin besteht, darf nicht stillschweigend übergangen werden, da sie historisches Interesse hat, zeigt, wie schwerfällig und unbequem in früheren Zeiten die Vorrichtungen waren. Die Zugstange, aus einer eisernen Stange bestehend, ist in Abständen von etwa drei Zoll mit Bolzen versehen. In dieselben werden Bolzen eingesteckt, welche zum Fassen der Stange mittelst des Hebels dienen, theils auch das Herabfallen des Schützes verhindern, indem sie auf dem obern Rahm des Thores aufliegen. Der Hebel ist ein schwerer Baum, der über die Wendesäule herausreicht und an der Schleusenmauer aus abwechselnd gehoben und herabgelassen wird. Gewöhnlich sind zwei Arbeiter mit der Handhabung des Hebels beschäftigt, während ein dritter auf dem Thore steht.

Die Bolzen in die Zugstange einsetzt, und daraus auszieht. Das Verfahren beim Ziehen des Schützes ist folgendes. Nachdem der lange Arm des Hebels gehoben, also der kurze gesenkt ist, lässt ein dritter Arbeiter in das unterste Loch der Zugstange, wo über dem kurzen Hebelsarme frei ist, einen Bolzen einstecken. Der Bolzen legt sich beim Herablassen des Hebels auf den kürzeren Arm auf, indem derselbe mit einem Schlitz versehen ist, durch welchen die Zugstange hindurchgreift. Sobald durch die Bewegung des Hebels die Zugstange einige Zolle hoch gehoben ist, so steckt der auf dem Thore stehende Arbeiter einen neuen Bolzen in das unterste Loch der Stange über dem in der vorherigen rückwärts angebrachten Schlitz. Dann wird der lange Hebels-

arm gehoben und der erste Bolzen in das folgende Loch der Zugstange eingesetzt, u. s. w. Beim Senken des Schützes, als dasselbe schon durch sein eignes Gewicht herabfallen wurde, wird der ganze Apparat in gleicher Weise benutzt werden. Ein Unterschied tritt nur insofern ein, als die Kraft eines Menschen dann zur Bewegung des Hebels genügt. Dagegen ist der zweite Arbeiter, der die Bolzen handhabt, auch in diesem Falle entbehrlich.

Wie wenig empfehlenswerth diese Methode auch ist, so kann man sie doch mit einigen Abänderungen auch bei den neu erbauten Schleusen beibehalten. Der Unterschied besteht vorzugsweise darin, dass man den einfachen Hebel in einen doppelten verändert hat. Fig. 343 *a* zeigt diese Einrichtung in ihrer Zusammensetzung und zwar in der Ansicht von vorn, *b* stellt dagegen den doppelten Hebel in der Ansicht von der Seite und von oben dar. Die Drehungsaxe des Hebels wird durch einen starken Bolzen gebildet, der an einer, mit den obern Riegeln des Thores verbundenen kurzen Säule befestigt ist. Auf diesen Bolzen ist ein eiserner Hebel gesteckt. Letzterer ist aber mit einem Schilde versehen, durch welchen die Zugstange gezogen ist. Indem die Zugstange bald an den einen und bald an den andern Hebelarm gehängt wird, so musste sie im obern Theile, soweit sie den Hebel berührt, gespalten werden. Sie bildet daher einen halben gezogenen Ring, dessen lichte Weite etwa 4 Zoll beträgt. Der Abstand der Bolzenlöcher von der Drehungsaxe oder die Länge des jedesmaligen kürzeren Hebelsarmes beträgt etwa 3 Zoll. Der Vorzug dieser Einrichtung vor der ältern beruht darauf, dass man das Herabfallen des Schützes nicht durch einen besondern Vorsteckholzen verhindern darf, auch die Hebel nicht nutzlos zurückbewegt werden dürfen, vielmehr bei jeder einzelnen Bewegung des Hebels das Schütz etwas ansteigt. Nichts desto weniger ist auch bei dieser Hebe-Vorrichtung drei Mann erforderlich, nämlich zwei zur Bewegung der Hebel und ein dritter zum Versetzen der Bolzen. Nur in dem Falle, dass man nach jedem Hebe eine kurze Pause eintreten lässt, können die beiden ersten Arbeiter zugleich die Bolzen versetzen. In der Figur sind die beiden Bolzen in denjenigen Löchern der Zugstange angedeutet, welche zu beiden Seiten der Axe sich unmittelbar über dem Hebel befinden.



Das Herablassen des Schützes geschieht mittelst dieser Vorrichtung sehr einfach und ohne Anwendung äusserer Kraft, in der Art, dass nur die Bolzen verstellt werden, indem die Bewegung des Hebels schon durch das Gewicht des Schützes hervorgerufen wird. Soll z. B. das Schütz aus der Stellung, welche die Figur zeigt, herabgelassen werden, so darf man nur den abwärts gekehrten linkseitigen Arm noch etwas tiefer herabdrücken, um den Vorsteckbolzen an derselben Seite herausziehen zu können. Der Druck des andern Bolzen veranlasst alsdann die Drehung des Hebels und zwar langsam genug, um in der Zwischenzeit den Bolzen in das nächst oberhalb befindliche Loch einsetzen zu können, ehe der Hebel es verdeckt. Sobald der Hebel gegen den Bolzen schlägt, hat er ein so bedeutendes Moment der Drehung erlangt, dass er nicht augenblicklich zur Ruhe kommt, sondern dreht sich vielmehr noch etwas weiter, so dass der andre, auf der rechten Seite befindliche Bolzen frei wird. Man zieht nun diesen Bolzen heraus, und setzt ihn gleichfalls in das nächst über befindliche Loch ein. Auf diese Art dreht sich der Hebel ganz von selbst, bald in der einen, bald in der andern Richtung, und der Arbeiter darf nur die Bolzen, sobald sie jedesmal frei sind, anziehen und in die folgenden Löcher einsetzen.

Es braucht kaum darauf aufmerksam gemacht zu werden, dass dieses Verfahren nur Anwendung findet, wenn kein starker Wasserdruck besteht, oder die Wasserstände zu beiden Seiten des Thores beinahe im Niveau stehn. Zum Schliessen des Schützes gegen den Wasserdruck ist die Vorrichtung durchaus ungeeignet, da wenn man auch die Bolzen unter dem Hebel einsetzen kann, die gekrümmte Zugstange nicht im Stande den Druck zu ertragen, sie würde vielmehr in diesem Falle verbogen werden.

Die Vorsteckbolzen lassen sich vollständig durch Sperrböden ersetzen, welche in Zähne eingreifen, mit denen die Zugstange an einer Seite, statt der Bolzenlöcher, versehen ist. Eine einfache Einrichtung dieser Art zeigt Fig. 344. Dieselbe wird an den Schleusen des Schleswig-Holsteinschen Kanals zum Herab- und Hochheben der Schütze in den Umläufen benutzt. Ein Kniestück von Eichenholz, verbunden mit einer kurzen Querschwelle, bildet den Rahmen, worauf die Drehungs-Axe des Hebels, durch eiserne Streben unterstützt, angebracht ist. Der vordere Theil dieses Hebels

besteht aus Eisen und ist mit einer lang ausgezogenen Uefung versehen, durch welche die Zugstange geführt ist, daneben befindet sich der Sperrhaken, der die Zugstange fasst. Der längere Theil des Hebels besteht grossentheils aus Holz. Am Fusse der hölzernen Rüstung ist noch ein zweiter Sperrhaken angebracht, so dass durch das Herabsinken der Zugstange verhindert wird. Man bemerkt leicht, wie durch abwechselndes Heben und Herabdrücken des längern Hebelarmes die Zugstange gehoben wird. Die Sperrhaken stellen sich von selbst ein, indem die Zähne abwärts gekehrt sind, und so wird das Schütz beim Herabdrücken des Armes durch den obern Haken gehoben, während der untere in seiner Stellung erhält, bis er aufs Neue gehoben wird.

Zum Herablassen des Schützes, falls dieses einigen Widerstand finden sollte, ist die beschriebene Einrichtung nicht zu gebrauchen, dagegen kann das Schütz, sobald es durch sein Gewicht herabsinkt, ziemlich bequem und schnell geschlossen werden. Um den untern Sperrhaken zu lösen, muss man den Hebel etwas anziehen. Hierzu ist jedoch nur wenig Kraft erforderlich, da durch den Wasserdrucke auch die Reibung verschwunden ist, welche vorzugsweise das Heben des Schützes erschwerte. Der Arbeiter braucht daher in diesem Falle nicht die ganze Länge des Hebelarmes, welche vielmehr einigermassen schon dem Schütze das Gleichgewicht hält. Er fasst mit der linken Hand den Hebel an dem eisernen Bügel in der Nähe der Drehungsaxe, und wenn er daran einen geringen Druck ausgeübt hat, so greift er mit der Rechten den untern Sperrhaken, löst denselben aus, und setzt ihn wieder ein, sobald das Schütz soweit, als der Hebel gestanden gesunken ist. Hierauf greift er, während die Linker fortwährend den Bügel des Hebels hält, wieder in den obern Sperrhaken, löst diesen und lässt ihn einfallen, nachdem der längere Hebelarm herabgesunken ist. Dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis das Schütz auf der Schwelle aufsteht.

Bei den Schleusen des Ems-Kanales zwischen Hahnenkampff oberhalb Lingen und Meppen hat man die Zugstange nicht nur mit abwärts, sondern auch mit aufwärts gekehrten Zähnen versehen, und dadurch den Hebel auch zum Herabdrücken des Schützes oder zum Schliessen des Umlaufes eingerichtet, während der Wasserdruck noch das Herabfallen des Schützes verhindert. Der H

an einem kurzen Pfosten befestigt, ist an dem äussern Ende gehalten, und umfasst die Zugstange. Die Sperrhaken, welche die beiderseitigen Zähne der Zugstange eingreifen, werden als die gegenüberstehenden, passend geformten Ränder eines ringförmigen eisernen Bügels gebildet, der in der Mittellinie der Zugstange durch zwei Bolzen mit den beiden Hälften des kurzen Hebelarmes verbunden ist. Die Figur 345 zeigt dieses ringförmige Stück in der Seitenansicht, und zwar in derjenigen Stellung, wie es in die abwärts gekehrten Zähne eingreift. Man bemerkt leicht, dass in dieser Stellung eben sowohl, wie in der entgegengesetzten, die durch punktirte Linien angedeutet ist, derjenige Sperrhaken, der gerade benutzt wird, immer von selbst eintritt, indem die andre Hälfte des Ringes sein Gegengewicht erhält, und ihn an die Zugstange lehnt. Der zweite Sperrhaken, das Herabfallen des Schützes während des Rückganges des Schützes verhindert, ist mit einem zweiten kurzen eisernen Hebel verbunden, wodurch seine Auslösung beim gewöhnlichen Herablassen des Schützes erleichtert wird. Dieser kurze Hebel würde in Folge seines statischen Momentes das Einfallen des Sperrhakens verhindern, er trägt daher am andern Ende, hinter der Zugstange, noch ein Gegengewicht, welches ein sanftes Einweichen des Sperrhakens veranlasst. Falls aber der letztere nicht greifen soll, so darf nur dieses Gewicht ausgehoben werden, durch den Sperrhaken ausser Thätigkeit gesetzt wird.

Die verschiedenen Wirkungen dieses Apparates sind folgende. Wenn das Schütz gezogen werden, so wird diejenige Einstellung eingenommen, welche die Figur zeigt, und man bemerkt leicht, dass der Haupthebel auf und ab bewegt werden darf, um die Zugstange nach und nach zu heben. Beide Sperrhaken greifen von oben in die abwärts gekehrten Zähne ein, ohne das Aufsteigen der Zugstangen zu verhindern. Dieselbe Einstellung aller Theile ist auch zum Herablassen des Schützes, falls dasselbe nicht durch den Wasserdruck zurückgehalten wird. Hierbei müssen auch die Sperrhaken jedesmal gelöst werden. Dieses erfolgt leichter, bequemer als bei der früher beschriebenen Methode durch den zweiten Hebel, wie auch dadurch, dass der obere Sperrhaken in seiner grössern Ausdehnung sich leichter fassen lässt, und endlich der Fall eintritt, dass das Schütz, ehe das Unter-

wasser gehoben ist, geschlossen werden soll, sein Herabsinken also durch die Reibung in Folge des Wasserdruckes verhindert wird; so schlägt man den Ring, woran die beiden Sperrhaken sich befinden, nach der andern Seite um, so dass die aufwärts gekehrten Zähne gefasst werden. Die punktirten Linien zeigen diese Stellung des Sperrhakens. Ausserdem hebt man das Gegengewicht am Ende des kleinen Hebels ab, wodurch der obere Sperrhaken ausser Wirksamkeit gesetzt wird. Derselbe ist in diesem Falle in der That ganz entbehrlich, da nur die Reibung des Schützes überwunden werden soll, dasselbe also in jeder Stellung, die es nach und nach einnimmt, ohne weitere Unterstützung stehen bleibt. Mitteltst des Haupthebels wird, nachdem diese Einstellung gemacht ist, das Schütz stossweise herabgedrückt, und es tritt dabei nur die Unbequemlichkeit ein, dass die Kraft-Ansammlung beim Aufheben des Hebels erfolgen muss. Doch ist die hierzu erforderliche Kraft geringer, als beim Ziehen des Schützes, wobei nicht nur die Reibung, sondern auch das Gewicht des Schützes überwunden werden muss.

Es mag noch bemerkt werden, dass die Anordnung der Schleusen in diesem Kanale eine besondere Vorsicht auf das schnelle Schliessen der Schütze, während starke Strömungen in den Umläufen statt finden, nothwendig machte. Der Ems-Kanal ist nämlich mit mehreren einfachen, an seinem untern Ende bei Mägen aber mit einer gekuppelten Schleuse versehen. Letztere erfordert beim Durchgehn der Schiffe eine bedeutend grössere Wassermenge, als die ersteren, wie dieses im Abschnitte, der von den Kanälen handelt, nachgewiesen werden wird. Die untere Kanalstrecke, die sich nächst oberhalb jener gekuppelten Schleuse befindet, consumirt also weit mehr Wasser, als ihr beim Durchschleusen von Schiffen aus den obern Strecken zufliesst. Ausserdem findet bei dem sandigen Boden auch wohl ein sehr starker Wasserverlust durch Filtration statt. Man ist daher häufig gezwungen, bedeutende Wassermassen aus der Ems jener unteren Strecke zuzuführen, und hierzu findet sich keine andere Gelegenheit, als durch Benützung der Umläufe in den obern Schleusen. Diese müssen aber in solchem Falle jedesmal wieder geschlossen werden, wenn noch die ganze normale Niveau-Differenz zwischen den beiderseitigen Wasserständen besteht.

Ueber die sonstigen mechanischen Vorrichtungen zum Schließen und Öffnen der Schütze oder Klappen ist wenig zu bemerken. Die einfache Rolle, verbunden mit einer Winde, die Fig. 331 Taf. LXIX dargestellt ist, wird man nur bei kleinen Öffnungen benutzen können, sie gestattet auch nicht das Herablassen der Schütze gegen den Wasserdruck, dagegen gewährt sie dem Arbeiter, dass ihre Aufstellung auf dem Drehbaume das Durchlassen eines Schiffes insofern beschleunigt, als der Arbeiter nicht auf das Thor zu treten braucht, sondern von derselben Stelle aus die Schütze ziehen und das Thor drehen kann. Dieser Umstand ist allerdings bei Schleusen, die wenig benutzt werden, von geringer Bedeutung; wenn dagegen die Schifffahrt sehr frequent ist und unmittelbar hinter einander eine grosse Anzahl von Schiffen durchgelassen werden, so ist ein Zeitgewinn von einer Minute bei jeder einzelnen Schliessung schon wesentlich, derselbe dürfte sich, indem das Hin- und Hergehn vermieden wird, hierbei noch grösser herausstellen. Aus den frühern Mittheilungen ergiebt sich auch, dass man in England bei Kanalschleusen nur zu diesem Zwecke dem Schütz zuweilen eine schräge Stellung gegeben hat, wodurch die Zugstange vom Drehbaume bewegt werden kann. Derselbe Vortheil wird auch durch Fig. 312 dargestellte Einrichtung des Verschlusses der Öffnung mittelst eines Schiebers erreicht, die man in England mehr zur Ausführung gebracht hat. Es ergiebt sich hieraus, dass der Nutzen der Verlegung der Winde oder Kurbel auf den Drehbaum nicht als ganz geringfügig angesehen werden darf. In Beziehung der in Rede stehenden Winde muss aber noch erwähnt werden, dass dieselbe mit einer einfachen Vorrichtung zum Absperren versehen ist, damit sie nicht von selbst sich zurückdrehe, das Schütz vielmehr geöffnet bleibe, wenn auch der Wasserdruck sich mindert, bis der Wasserstand zu beiden Seiten eine gleiche Höhe angenommen hat. Zu diesem Zwecke dient ein hölzerner Block, den man in den Drehbaum steckt, und wogegen ein Arm der Winde sich lehnt.

Die am häufigsten vorkommende Vorrichtung zum Ziehen der Schütze besteht in einem Getriebe, welches in die gezahnte Zugstange eingreift, und woran zuweilen unmittelbar die Kurbel befestigt ist, die aber gemeinhin an der Axe eines zweiten Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



Getriebes sich befindet, welches in ein mit dem ersten verbundenes Rad eingreift. Die Zugstange wird also im letzten Falle durch ein Vorgelege bewegt. Welches Verhältnisse man die Durchmesser des Rades und Getriebes zu wählen, so gross man die Durchmesser beider Getriebe anzunehmen liebt, giebt sich leicht aus der Untersuchung der zum Ziehen des Schiffes erforderlichen Kraft. Auch die Aufstellung des ganzen Werkes ist so einfach, dass eine ausführliche Beschreibung und Zeichnung entbehrlich erscheint. Es ist dabei nur zu bemerken, dass diese Maschine in einen eisernen Kasten gestellt wird, um sie vor Staub zu schützen, und aus diesem Kasten nicht die Axe herausreicht, auf welche man die Kurbel aufsetzt, an derselben zugleich ein Sperrrad befestigt ist, in das die Kurbel eingreift, den man, wenn das Schütz herabgelassen werden soll, zurückschlagen muss. Gewöhnlich setzt sich dieser Kasten zum obern Rahm fort, und ist daselbst befestigt. Oft hat er auch nur eine geringere Höhe, und steht auf vier Füßchen. Diese Vorrichtung, wenn sie passend angeordnet ist, zeigt sich als sehr brauchbar, man kann damit das Schütz nicht nur heben, sondern es auch selbst bei starkem Wasser sicher schliessen. Dazu ist jedoch erforderlich, dass die Zugstange hinreichend stark sei, um sich nicht zu verbiegen. Beim Herablassen des Schützes, nachdem der Wasserdruck abgenommen hat, erfolgt gemeinhin sehr einfach dadurch, dass man den letzten Sperrhaken auslöst. Das Gewicht des Schützes ist an sich schon hinreichend, um Rad, Getriebe und Kurbel zu drehen. Doch darf man bei schweren Schützen, oder wenn ein Vorgelege angebracht ist, die Maschine nicht von selbst laufen lassen, weil der Stoss am Ende der Bewegung das Werk oder die Axen beschädigen, besonders aber die Zugstange verbiegen könnte.

Indem die Kraft, welche zum Drehen der Kurbel erforderlich ist, von dem Verhältnisse des Kurbelbuges zum Radius des Getriebes abhängig ist, letzteres aber so gross gemacht werden muss, dass die nöthige Anzahl der Zähne und zwar von hinreichender Stärke darauf angebracht werden können, so muss, wenn ein Vorgelege benutzt wird, die Kraft, welche die Kurbel in Bewegung setzt, etwa dem vierten Theile des Gewichtes und der Hebel-

itzes gleich sein. Man kann indessen ein vortheilhaftes Verhältniss darstellen, also auch bei schwereren Schützen das Getriebe entbehren, wenn das Getriebe und eben so auch die Stange aus zwei Theilen besteht, die in gleicher Weise

einander verschoben sind, jedoch so gegen einander verschoben sind, dass einmal dem Zahne des einen Theils der Einschnitt zwischen den Zähnen des andern Theiles gegenübersteht. Man stellt daher die That ein eben so sicheres Eingreifen der Zähne dar, als das Getriebe noch einmal so viele Zähne hätte. Wäre die grösste Anzahl der Zähne, die man dem Getriebe geben mag, so kann man bei der erwähnten Anordnung Getriebe von verschiedenen wählen, also den Durchmesser auf die Hälfte vermindern, wodurch bei gleich grosser Kurbel und gleicher Kraft die Drehkraft verdoppelt wird. Bei Englischen Kanalschleusen findet man diese Einrichtung, sie bietet auch in der Construction keine Schwierigkeiten, als dass man zwei gleichmässigen verschobene Getriebe und zwei Zugstangen gebraucht, eine halbe Zahnweite versetzt, unmittelbar neben einander zu werden.

Man kann auch die Schraube häufig zur Bewegung der Kurbel benutzt, besonders in hiesiger Gegend geschieht dieses öfter Zeit, und zwar in der Art, dass die Zugstange mit der Schraubenspindel verbunden ist, deren Mutter mit cylindrischer Nutflache versehen in einer Pfanne in angemessener Höhe über der Kurbel ruht. An der äussern Fläche ist die Mutter mit einem Rade versehen, und zwar bildet sie ein konisches Rad, welches auf ein weites konisches Rad an der Kurbelaxe greift. Auf diese Weise erhält letztere, wie es auch am vortheilhaftesten ist, eine feste Lage, während die Schraubenmutter sich um eine feste Axe dreht. Der Anbringung eines Sperrhakens bedarf es in diesem Falle nicht, da die Reibung am Schraubengewinde genügt, um das Schütz gegen das Herabfallen zu sichern. Wenn das Schütz aber herabgelassen werden, so muss man die Kurbel mit ihr die Schraubenmutter zurückdrehn. Gemeinhin geschieht bei dem Herablassen des Schützes, während ein starker Druck noch besteht, nicht berücksichtigt, denn wenn man im Falle die Kurbel zurückdrehen wollte, so würde nicht das Schütz gesenkt, sondern die Schraubenmutter aus der Pfanne

gehoben werden. Man könnte dieses leicht vermeiden, wenn die Mutter auch oben mit einem Halse und einer zweiten Flanke versehen wolle, was jedoch nicht üblich ist. Der größte Uebelstand bei dieser Anwendung der Schraube ist deren starke Reibung, die einen unnüthigen Kraftaufwand bei jeder Bewegung des Schützes erfordert. Hiermit hängt auch ihre sehr langsame Wechselsamkeit zusammen. In allen Fällen, wo es auf ein schnelles Oeffnen und Schliessen der Schütze ankommt, wird man daher von der Schraube nicht mit Vortheil Gebrauch machen können.

Bei den in Fig. 309 dargestellten Schleusenthoren, die in der Hull zur Ausführung gekommen sind, hat man die Schrauben mit gezahnten Stangen verbunden. Letztere übertragen nur mittelst des zwischenliegenden gezahnten Rades die Bewegung der einen Zugstange auf die andere, die gezahnten Stangen würden auch wenn stets ein hinreichendes Gegengewicht wirksam wäre, durch eine Kette ersetzt werden können, die über eine Rolle geführt wäre. Am obern Ende der ersten Zugstange befindet sich bei diesen Thoren die Schraubenmutter, und die Schraubenspiere, die darin eingreift, und eben sowohl gegen das Heben, wie gegen das Sinken gesichert ist, ist mit einem vierseitigen prismatischen Kopfe versehen, in welchen ein Schlüssel eingreift, der zugleich eine kleine Erdwinde bildet. Indem derselbe nur eingestellt wird, wenn die Schütze bewegt werden sollen, so bleibt in den Ankerzeiten die Laufbrücke ganz frei, und wird durch die Mechanik gar nicht beeengt, was bei andern Einrichtungen oder weniger immer der Fall zu sein pflegt.

Um später auf die Umläufe nicht wieder zurückkommen zu dürfen, ist es nothwendig, hier noch einer eigenthümlichen Anwendung derselben zu erwähnen, wodurch sie zum Spülen der Thorkammer, als auch vorzugsweise des Bodens auf der gegenüberliegenden Seite des Dremfels dienen. In den gewöhnlichen Kammerschleusen sind diese Umläufe freilich nicht üblich, sind auch wohl überhaupt nur sehr selten ausgeführt, nichts desto weniger sind sie so wichtig, dass sie nicht mit Stillschweigen übergangen werden können, und ihre Beschreibung dürfte hier die passendste Stelle finden.

Es giebt in Liverpool schon ältere ähnliche Anlagen, deren Umfassungsmauern einiger Docks sind nämlich Kanäle

Läufe angebracht, durch welche man zur Zeit des niedrigsten Wassers eine Menge kräftiger Strahlen, die aus den Docks gesteuert werden, austreten lässt, um die starken Niederschläge nachtheiligen Manern zu beseitigen. Man erreicht dadurch den Zweck, dass Dampfschiffe und andre nicht tief gehende Schiffe, meistens zur Zeit des Hochwassers, ohne in die Docks hineinzufahren zu sein, an denselben auswärts anlegen können. Eine wesentliche Erleichterung des Personen-Verkehrs wird hierdurch erreicht.

In ähnlicher Weise hat Hartley bei Erbauung des Coburg-Docks ein vielfach verzweigtes und weit ausgedehntes Spül-System durch Umläufe in den Flügelmauern dargestellt, und durch für die Offenhaltung der Mündung des Docks gesorgte allgemeine Mittheilungen über die Oertlichkeit und die Einrichtung der daselbst befindlichen Docks scheinen zum Verstande dieser Einrichtung nothwendig zu sein.

Der weit geöffnete Busen der Mersey vor Liverpool ändert Folge der Fluth und Ebbe seinen Wasserstand täglich zweimal durchschnittlich um etwa 11 Fuss. Der eingehende Fluthstrom führt aber nicht reines, sondern sehr trübes, also mit erdigen Theilchen vermengtes Wasser, und indem vor dem jedesmaligen Eintritt der entgegengesetzten, oder der Ebbe-Strömung eine beträchtliche Verzögerung und endlich, wenn auch nur für kurze Zeit vollständiger Stillstand eintritt, so sinkt ein starker Niederschlag zu Boden, der namentlich an allen Stellen, wo die Wellenbewegung und die bald wiedereintretende Strömung schwächer sind, besonders anwächst. Namentlich die nächsten Umgebungen der Mündung und alle Buchten, wozu auch die Häfen gehören, sind auf diese Weise einer starken Verlandung ausgesetzt.

Die offenen Häfen, oder Vorhäfen müssen demnach mit großen Kosten immer aufs Neue vertieft werden, und dennoch sind sie so seicht, dass die für die Schifffahrt erforderliche Wassertiefe sich darin nur zur Zeit des Hochwassers darstellt. Die Docks oder die Bassins, worin die Schiffe liegen, befinden sich meistens hinter diesen Vorhäfen, sie sind aber durch Schleusen gesperrt, so dass der höhere Wasserstand der Fluth darin gehalten wird. Zur Zeit desselben kann man sie mit den Vorhäfen, und durch diese mit dem Strome in Verbindung setzen,

aber sie werden alsdann nicht mit frischem Wasser gefüllt, wodurch sie gleich den Vorhäfen der starken Verlandung ausgesetzt sein würden. Mit vollständigen Kammererschleusen sind sie in seltenen Fällen versehen. Gemeinhin befinden sich in ihren Mündungen nur einzelne Schleusenhäupter, die bald mit einem, bald mit zwei Thor-Paaren versehen sind. Im letzten Falle dient das eine Thor-Paar zum Abhalten ungewöhnlich hoher Wasserstände, während das andre oder die Ebbehore dazu dienen, das Hochwasser im Dock zurückzuhalten.

In neuerer Zeit hat man in Liverpool auch einzelne Vorhäfen als Docks behandelt, das heisst, man hat sie mit Ebbehoren versehen. Dadurch wird nicht nur ihrer Verschlickung vorgebeugt, insofern bei jeder Fluth gar kein, oder doch nur wenig trübes Wasser eintritt, sondern man kann sie auch zum Unterbringen von Schiffen benutzen. Das Einsegeln aus dem Strome in eine Schleuse ist allerdings nur bei ruhiger Witterung und günstiger Winde möglich, und dieses war wohl vorzugsweise der Grund, weshalb man ehemals die offenen Vorhäfen für unentbehrlich hielt und die Docks nicht unmittelbar in den Strom münden liess. Dieser Umstand hat indessen gegenwärtig seine Bedeutung verloren, da es nicht mehr nöthig ist, dass die Schiffe aus- und einsegeln, vielmehr durch hierzu bestimmte Dampfboote in das Dock hinein und aus demselben heraus hingsiert werden können.

Das Coburg-Dock, dessen Thore schon oben (§. 104 und 105) beschrieben sind, bildet gegenwärtig einen solchen abgeschlossenen Vorhafen. Es liegt ziemlich an der südlichen Seite der grossen Reihe von Docks, die neben Liverpool erbaut sind. Hinter ihm befindet sich das Union-Dock, welches gleichfalls mit einem Paar Ebbehoren versehen ist. An diese schliessen sich nördlich das Queens-Dock und südlich das Brunswick-Dock an, die jedoch bisher noch durch andre Vorhäfen mit der Mersey in Verbindung stehen. Das Coburg-Dock war his vor wenig Jahren ein offener Vorhafen. Gegenwärtig ist er, wie erwähnt, mit einem Haupte und einem Paar Ebbehoren versehen. Die lichte Weite des Schleusenhauptes misst 70 Fuss 1 Zoll Englisch, oder 68 Fuss 1 Zoll Rheinländisch.

Fig. 346 a und b auf Taf. LXXI zeigt die Schleuse des Coburg-Dock, nämlich a im Grundriss und der Ansicht von oben und b im Längen-Durchschnitt. Die Thore schlagen nach



des Docks auf. Der Drempe! wird durch ein verkehrtes *U* dargestellt. Der gemauerte Boden an der äussern Seite *selben* hat nur geringe Ausdehnung, dagegen treten die Flügelmauern, wie die Figur an der untern Seite zeigt, weit vor und schliessen sich an die Ufermauern an.

Die beiden mit *A* und *B* bezeichneten Oeffnungen sind die Mündungen derjenigen Kanäle, durch welche die Ketten gezogen sind, die zum Oeffnen und Schliessen der Thore dienen. In beiden Figuren sind diese Kanäle mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Beide Figuren zeigen ausserdem die Umläufe, die zum Spülen der Schleusenmündung und zum Theil auch des Thorkammerbodens dienen. Der obere Theil des Grundrisses ist im horizontalen Querschnitt der Schleuse und zwar unmittelbar über dem Thorkammer- und Hinterboden gezeichnet, so dass er den Umlauf nebst allen Abzweigungen desselben zeigt. Dieser Umlauf beginnt zunächst in einem 3 Fuss breiten und  $4\frac{1}{2}$  Fuss hohen Kanale, der am Ende der Thorkammer beginnt, neben dem Drempe! vorbeiführt und sich bis ans Ende der Flügelmauern, also an der Seite im Ganzen in einer Länge von nahe 250 Fuss hinzieht. Die Hauptschütze, wodurch diese Kanäle geschlossen werden, liegen hinter dem Drempe! bei *C*, und zwar sind um einen ganz andern Schluss zu bewirken, jedesmal zwei derselben neben einander angebracht. Sie werden durch einen Schacht, der in der andern Hälfte des Grundrisses sichtbar ist, gehoben und gesenkt.

Die obere Mündung jedes Umlaufes besteht in neun kleinen niedrigen Oeffnungen, die unmittelbar über dem Thorkammerboden in der Thornische angebracht sind. Diese Oeffnungen sind 1 Fuss hoch, und grossentheils 3 Fuss breit. Sie verursachen, sobald der Umlauf in Wirksamkeit tritt, eine kräftige Seitenströmung dicht über dem Thorkammerboden, und setzen dadurch hier abgelagerten Schlick in Bewegung, den sie in sich hineinnehmen und in die Mersey führen.

Die Ausmündungen jedes Umlaufes bestehn dagegen in sieben grösseren Kanälen, die ziemlich gleichmässig in der ganzen Länge vertheilt sind. Jeder derselben ist mit einem besondern Schutze versehen, das gleichfalls durch einen senkrechten Schacht, in dem Hauptkanale, gezogen wird.

Der erste dieser Ausmündungskanäle tritt gegen die Axe der Schleuse und ohne in verspalten zu sein, unmittelbar hinter dem Drompeten Hinterboden. Er erzeugt sonach an der St. Ablagerungen zu besorgen sind, einen sehr kr. der selbst auf den Drompet sich ausdehnt. A. mündungen liegen in den Flügelmauern und spa in fünf Arme, die durch Oeffnungen von 1 f Fuss Weite über dem natürlichen Boden vor c treten. Indem man jedesmal nur einen dieser Wirksamkeit setzt, so ist die Strömung in den selben stark genug, um die gewünschte Vertiefu-

### §. 110.

#### Nebentheile der Schleuse

Einzelne Nebentheile, die im Vorstehenden erwähnt, oder nur kurz berührt sind, kommen schleusen vor, andre dagegen nur unter besondere Verhältnissen. Sie dienen theils zur Sicherung und zugehörigen Kanäle, theils aber zur Erleichterung der Schifffahrt und grössere Bequemlichkeit der Schleuse. Von den ersteren soll zunächst d

Schon bei der Bezeichnung der einzelnen S (§. 100) ist darauf hingewiesen worden, dass d Schiffsschleusen zur Abführung des Hochwassers haupt zum Durchlassen grosser Wassermassen nicht dienen, und dass sie sowohl selbst, wie auch die Kanäle sehr starker Versandungen und sonstigen Gefahren ausgesetzt sein würden, wenn man das Hochwasser lassen wollte. Die beiden Thorpaare können nicht gleichzeitig geöffnet werden, weil die Oberthore sich nicht öffnen lassen, sobald eine, wenn auch kleine Niveau-Differenz zu beiden Seiten derselben besteht. Dieses aber auch möglich, so dürfte man dennoch die Drompet nicht den Angriffen der mit dem Hochwasser treibenden Geschiebe und Eismassen aussetzen. Die auch wohl niemals, dagegen öffnet man zuweilen z

ke die Schütze in den Thoren; zuweilen ergiesst sich aber die Strömung von selbst in die Schleuse, insofern das Ober- und die Oberthore nicht die erforderliche Höhe haben, um zu verhindern. In beiden Fällen wirken die Thore in der Weise, wie Coupirungen, die man in einem Stromarme, welcher verlanden soll. Ein kräftiger Strom tritt hinein führt feinern und gröbern Kies und Sand zu. Da aber in theilweise sehr grossen Profilen die Strömung viel schwächer bleibt, bleiben diese zugeführten Massen in der Schleuse und im e liegen, und ehe nach dem Abgange des Hochwassers die Thore wieder eröffnet werden kann, muss man ausgedehnte saubere Räumungs-Arbeiten vornehmen.

Es ergibt sich hieraus die Regel, dass Schleusen, die zur von Strömen liegen, zur Abführung des Hochwassers nicht st werden dürfen, vielmehr das Wehr und die zugehörige reiche zu diesem Zwecke schon vollständig genügen müssen. so nöthig ist es aber auch, dass das Oberhaupt und die befindlichen Thore eine solche Höhe haben, dass sie nicht fluthet werden. Diese Bedingung ist in vielen Fällen, ntlich wenn das Hochwasser bis zu bedeutender Höhe sich t, und ein niedriges Vorland sich seitwärts weit ausdehnt, leicht zu erfüllen. Dazu kommt auch, dass höhere Thore erer, also im Gebrauche unbequemer werden, und selbst die e Höhe der Seitenmauern des Oberhauptes manche Unbe- lichkeit beim Durchgange der Schiffe veranlasst. Dieses ist Grund, weshalb man zuweilen die erwähnten Uebelstände reh umgeht, dass man die Schleusenmauern und Thore nicht um höchsten Wasser heraufreichen lässt, wohl aber zur Seite Schleuse und des Schleusenkanales durch Deich-Anlagen da- ert, dass von hier aus keine Strömung eintreten, und jene andungen veranlassen kann. Auf diese Art wird der Schiff- t alle Bequemlichkeit geboten, es bleibt aber in der Gegend Oberhauptes eine Oeffnung zwischen den Deichen, welche zur , das Hochwassers noch eine heftige Durchströmung veranlas- würde. Dem Eintritte einer solchen muss vorgebeugt werden, st sie bevorsteht, und dieses ist insofern aucht nicht besonders vierig, als es auf einen ganz wasserdichten Abschluss dabei t ankommt.

In vielen Fällen, namentlich wenn die Thore mit Denen versehen sind, die einige Fuss hoch über den Mauer bietet sich eine bequeme Gelegenheit, durch aufgesetzte Balken die Thore, so oft es nöthig ist, zu erhöhen. Auch in andern Fällen kann die Handlehne der Laufbrücke zu gleichem Zwecke verwendet werden, und jedenfalls ist es immer leicht, durch Verstreben horizontales Sprengwerk zu bilden, das die Ueberhöhung der Thore darstellt. Eine besondere Festigkeit ist für dieselben nicht erforderlich, insofern sie keinem starken Wasser ausgesetzt ist, auch der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser zur Zeit der höchsten Anschwellungen sehr gering sein pflegt. Nichts desto weniger würde es, namentlich wenn die Schleuse von bewohnten Orten entfernt läge, dem Schließung dieser Art zu sichern. Es muss daher Alles dazu vorzusehen, alle Verbandstücke und Bohlen, die dazu gehören, in der Thore in Verwahrung haben, und die Art ihrer Aufstellung genau kennen, so wie auch Einschnitte in den Mauern nicht dürfen, in welche die Streben gestellt werden.

Eben dieselben Vorkehrungen müssen auch zur Dauer des Verschlusses über den Mauern des Hauptes und zwar die erwähnten Deiche getroffen werden. Letztere lehnen sich an Mauern, oder auch nur an hölzerne Wände, und diese an den Wänden, die auf die Thore gestellt werden, zu verankern. Die zu wählenden Constructionen sind so sehr von der jeweiligen Oertlichkeit und der Anordnung der Schleusentheile abhängig, dass darüber im Allgemeinen nichts zu sagen ist, man pflegt diese Anordnung sehr einfach zu sein und keine Schwierigkeit zu bieten. Hier wäre nur zu erwähnen, dass in solchen Fällen von den Deichen bis an die Thore die Wände zu stellen, und dieselbe stromabwärts zu verstreben. Der Raum zwischen ihnen aber mit Mist anzufüllen pflegt. Diese Construction stimmt also mit der von Fangedämmen überein, gewährt den Vortheil, dass sie selbst das Durchdringen von großen Wassermassen verhindert, welche auf dem Ufer tiefer in der Hinterfüllungs-Erde bilden könnten.

Bei Schleusen, die an kleinern Flüssen oder Bächen oder an künstlichen Kanälen liegen, sind ähnliche Vorkehrungen

Hochwasser entbehrlich, aber nichts desto weniger tritt auch bei wehr häufig das Bedürfniss ein, bedeutende Wassermassen aus Vorhergehenden in die folgenden Strecken abzulassen. Am zweckmässigsten ist es daher, wenn man neben den Schleusen Freithore erbaut, die in solchen Fällen in der That gewöhnlich kommen. Die Anlage derselbe erleichtert man zuweilen dadurch, dass man sie unmittelbar neben die Schleusen stellt, so dass die Mauer beiden gemeinschaftlich ist. Sind die Wassermengen, abgeführt werden, nur geringe, so werden dazu häufig nur Schütze in den Thoren, oder die Umläufe benutzt, und inso- dieses Wasser von Sinkstoffen frei und die Schleuse solide ist, darf man keine besonders nachtheilige Erfolge von dem Verfahren besorgen.

Demnächst gehören zu diesen Nebentheilen der Schleusen die Flügelmauern, welche sowohl oben, als unten den Anschlusse an die Ufer bilden. Die Anordnung derselben ist sehr verschieden. Auf den Französischen und Englischen Kanälen gehen sie gemeinhin unter spitzen Winkeln mit der Schleusen-Axe nach den Kanal-Ufern. Dieses ist ohne Zweifel für die Schifffahrt am bequemsten, indem dadurch das Ein- und Auslaufen in die Schleuse erleichtert wird. Es tritt aber dabei ein Uebelstand ein, dass die Flügel alsdann sehr lang, und sonach sehr kostbar werden. Besonders ist dieses der Fall, wenn sie auf Pfahlroste stellen muss, was jedoch bei diesen Kanälen selten der Fall ist; man erleichtert vielmehr die Ausführung der Flügelmauern in England und Frankreich noch dadurch, dass sie dossirt und ihnen nur eine geringe Stärke giebt. Sie gehen aber gemeinhin nicht auf ihre ganze Länge gleiche Dossirung, vielmehr wird diese bei grösserer Entfernung von der Schleuse immer flacher. Bei Französischen Kanälen lässt man die Flügelmauern allmählig in die Dossirungen der Kanal-Ufer übergehen. Die Linie, welche den Fuss der Flügelmauer bildet, ist in diesem Falle doppelt gekrümmt, indem sie sich erst an die Schleusenmauer im Haupte, als auch an die weiter abliegende Kanal-Dossirung anschliessen muss. Die Flügelmauer selbst ist anfangs senkrecht, so wie die Schleusenmauer, erhält aber sogleich einige Neigung oder Böschung, und in- diese fortwährend zunimmt, so erreicht sie bald diejenige



Grenze, auf der zur Unterstützung der hinter liegenden Erde die eigentliche Futtermauer mehr erforderlich ist. Man erreicht daher, und zwar wenn die Dossirung einfach wird, oder der Winkel gegen das Loth 45 Grade beträgt, durch ein Perré (§. 2). Auch dieses nimmt eben so, wie die vorhergehende Mauer, an und nach eine flachere Dossirung an, bis es die für das entdeckte Kanalufer bestimmte Neigung erreicht hat, und sich dieses anschliesst. Die Ausführung solcher Flügel erfordert besondere Aufmerksamkeit, als bei anderer Anordnung, da selbst geringe Unregelmässigkeiten sich in der ohne Unterbrechung fortlaufenden Fläche auffallend zu erkennen geben. Der Umstand, dass Ecken und Kanten vermieden werden, ist ohne Bedeutung, da diese langen Mauerflächen, die sich in Perrés fortsetzen, keineswegs einen gefälligen Eindruck machen, so dürfte wohl Grund zur Empfehlung dieser Anordnung angegeben werden können.

Gemeinhin gehen die Flügelmauern in angemessener, ziemlich scharfen Krümmung von der Schleuse aus, und erstrecken sich dann in gerader Richtung bis an das Kanalufer. Die Seite des Kanales hat jederzeit eine Breite, die grösser ist, als die Weite der Schleuse. Es ist auch keineswegs angemessen, den Kanal neben der Schleuse zu verengen, weil alsdann die Seiten desselben sich nicht begegnen können, und dadurch das Durchschleusen sehr verzögert wird. Eben so wenig ist es statthaft, neben den Schleusen steilere Dossirungen den Kanalufern zu geben, wenn sie nicht vielleicht anderweitig befestigt werden. Es ergibt sich hieraus, dass die beiden Kanalufer bis gegen die Schleuse ihren gewöhnlichen Abstand behalten müssen, wodurch die Länge der Flügelmauern bedingt wird.

Diese Länge wird um so geringer, je stumpfer der Winkel ist, den die Flügelmauern mit der Axe der Schleuse machen, da sie wird ein Minimum, wenn dieser Winkel ein rechter wird. Es giebt indessen noch ein Mittel, wodurch man vorzugsweise die rechtwinklig abgehende Flügelmauer bedeutend verkürzen kann, ohne irgend eine Besorgniss für die Erd-Dossirungen herbeizuführen. Dieses beruht darauf, dass man im Kanale selbst Wände bildet, welche die Dossirungen unter Wasser unterstützen. In Fig. 289a bemerkt man an der linken Seite, also im Oberkanal der Schleuse die Anfänge von zwei Spundwänden, welche nach Mass

Die Tiefe 10 bis 20 Fuss lang sind, und deren gegenseitiger Abstand mit der Sohlenbreite des Kanales übereinstimmt. Ihre Höhe entspricht gewöhnlich der Höhe der Ufer und Schleusenmauern. Der obere Rand der Uferdossirung des Kanales wird dann vor der Schleuse in einem Quadranten herumgezogen, so dass er sich an den obern Mauerrand der Schleuse und zwar schrägwinklig zur Längsrichtung der Schleuse anschliesst. Die Fortsetzung zur Seite jenes Quadranten bildet eine Kegelfläche, die am Eingange in die Schleuse lehnt sich diese Dossirung gegen die erwähnte Spundwand.

Sowohl vor, als hinter einer Schleuse bilden sich beim Durchgange der Schiffe, besonders wenn die Oeffnungen zum Füllen und Entleeren der Kammer recht gross sind, heftige Strömungen. Im Oberwasser sind sie wenig nachtheilig, da sie hier nicht die Schiffe treffen, vielmehr nach den Schütz-Oeffnungen gerichtet sind. Man muss aber an die auffallende Erscheinung erinnert werden, die beim Ziehen der Schütze anfangs das Oberwasser sehr merklich sinkt und in vielen Fällen sogar bis 6 Zoll sich senkt. Dieses kommt davon her, dass das Wasser im Oberkanale, wie jeder andere Körper, nicht momentan in Bewegung versetzt wird, sondern eine gewisse Zeit erforderlich ist, ehe es die angemessene Geschwindigkeit annimmt. Es sinkt daher zunächst dasjenige Wasser, welches sich unmittelbar vor der Oeffnung befindet, während in geringer Entfernung das Oberwasser noch in vollkommener Ruhe bleibt, und erst zu fliessen anfängt, sobald der Wasserspiegel einige Neigung angenommen hat. Nach kurzer Zwischenzeit, und während die Kammer noch gefüllt wird, tritt ein Stauungsstand im Oberwasser ein, indem der Zufluss dem Abflusse gleich ist, und abgesehen von dem geringen Gefälle, welches dann auch noch bleibt, hört jener erwähnte tiefe Stand des Wassers sehr schnell auf. Dieses ist wohl vorzugsweise der Grund, dass die starken Strömungen, die sich nach einander an verschiedenen Stellen bilden, nicht bedeutende Angriffe gegen die Schleusenmauern und die Ufer ausüben. Nichts desto weniger dürfte es doch immer vortheilhaft sein, den Kanal unmittelbar vor einer Schleuse etwas tiefer zu halten, als die Schifffahrt fordert, weil dadurch dem Abflüsse von erdigen Stoffen in die Schleuse vorgebeugt wird. Diese Massen bleiben im erweiterten Profile noch um so leichter

liegen, wenn die Sohle nach der Schleuse etwas ansteigt. In fern hier, eben sowohl, wie in der Schleuse selbst, diese durch künstliche Räumung entfernt werden müssen, dürfte die erwähnte Vorsicht vielleicht überflüssig erscheinen, sie ist es aber nicht, weil die Räumungen im Kanale leichter und für die Schiffe weniger störend sind, als in der Schleuse.

Von weit nachtheiligeren Folgen sind die Strömungen unterhalb der Schleuse. Die Bewegung, die das Wasser beim Durchfliessen durch Oeffnungen annimmt, sind im Oberwasser von ganz andrer Art, und weit weniger zerstörend, als im Unterwasser. Dort strömt es abwärts und aufwärts gerade und von beiden Seiten her der Oeffnung zu. Die Strömung überall ziemlich dieselbe, wird also nirgends concentrirt und ist besonders heftig, und die Wirbel fehlen ganz. In das Unterwasser dagegen tritt eine Wassermasse mit grosser Geschwindigkeit herein, die den allgemeinen mechanischen Gesetzen folgend, in der Richtung der Oeffnung sich fortbewegt, bis sie das Ufer trifft oder durch andre Umstände abgelenkt oder zur Ruhe gebracht wird. Das zur Seite, so wie das darüber und darunter befindliche ruhende Wasser reisst sie mit sich fort. Dasselbe ersetzt dadurch, dass in entgegengesetzter Strömung anderes Wasser hinzuliesst, und so bildet sich hier eine heftige Bewegung von Wirbeln und Widerströmen, welche die Sohle, so wie die Ufer des Kanales, stark angreift. Dieser Fall tritt schon ein, wenn auch darauf geachtet wird, dass man die Schütze in den beiden Unterthoren gleichmässig zieht, also die beiden Ströme einander treffen und sich zu einem gemeinschaftlichen Strome vereinigen, der die Richtung der Schleusenaxe verfolgt. Viel nachtheiliger es aber, wenn die Oeffnungen nicht symmetrisch liegen, oder gleichzeitig geöffnet werden, weil alsdann die Strömung seitwärts gerichtet ist, und ein Ufer des Kanales trifft. Es stellt sich hier nach jedesmal das Bedürfniss heraus, die Kanalstrecke noch unterhalb der Schleuse zu decken, und zwar eben so, wie bei Freirarchen und Wehren geschieht, in der Sohle mittelst eines Sturzbettes, und an den Ufern durch Anbringung von Deckwerken mit Steinbeschüttung oder wenigstens durch ein in Kies gelegtes starkes Pflaster. Wie weit dabei die Vorsicht getrieben werden muss, und welche Ausdehnung man dieser Deckung

nd der Ufer zu geben hat, hängt von der Stärke, zum  
 ich, wie erwähnt, von der Richtung des Stromes ab. Es  
 ch demnach hierüber keine allgemeinen Regeln geben, aber  
 nicht unerwähnt bleiben, dass man gewöhnlich das Be-  
 zu geringe zu schätzen pflegt, und man daher gezwungen  
 Sicherungs-Massregeln später noch weiter auszudehnen,  
 bei der ersten Anlage für nöthig erachtet wurden.

ter den Nebentheilen der Schleusen, welche die Erleich-  
 ler Schifffahrt bezwecken, müssen zunächst die verschie-  
 orrichtungen zum Befestigen der Schiffe er-  
 werden. Schon ausserhalb der Schleuse, und zwar vor  
 Mündungen derselben dürfen dergleichen nicht fehlen, da-  
 Schiffe, wenn sie nicht sogleich durchgelassen werden  
 sicher zu befestigen sind. Aber auch wenn das Schiff  
 bar nach seiner Ankunft durchgeschleust werden soll, es  
 her nicht angelegt, sondern sogleich in die Schleuse ge-  
 rd, so darf dieses nicht mit der vollen Geschwindigkeit  
 n, womit es auf dem Kanale gezogen wird, vielmehr muss  
 her seine Geschwindigkeit mässigen, und dieses geschieht  
 htesten und mit dem geringsten Aufenthalte, wenn ein Tau  
 n Pfahl geschlungen, und das Ende allmählig nachge-  
 oder geleiert wird.

ese Pfähle sind gewöhnliche Schiffshalter, die auf dem  
 ehnen, und deren Entfernung von der Länge der Schiffe  
 . Sie müssen sich soweit längs des Kanales hinziehen,  
 Anzahl der zu Zeiten hier angesammelten Schiffe es for-  
 theils aber und namentlich nahe vor dem Eingange in  
 die Schleuse stehn sie auch im Kanale selbst, und dienen als-  
 och dazu, das Einfahren zu erleichtern. Es würde nämlich  
 ig sein, ein dicht vor der Schleuse und zwar an der Seite  
 kanales liegendes Schiff hineinzubringen, weil es nach der  
 also in derjenigen Richtung, wo es den grössten Wider-  
 rfahrt, bewegt werden müsste. Dieses ist auch der Grund,  
 es für die Schifffahrt nicht vortheilhaft ist, die Schleuse  
 htwinkligen Flügelmauern zu versehen. Man bildet in sol-  
 alle auch in der That jedesmal noch eine Art von Flügeln,  
 man verhelnte Pfahlreihen vor den Eingang der Schleuse  
 welche das Einfahren der Schiffe erleichtern, zugleich aber

die seitwärts befindlichen Theile des Kanals ganz. Auch die oben erwähnten Spundwände haben zum ben Zweck. Bei den kleinern Englischen Kanälen pt starke Hölzer in der Höhe des Wasserspiegels gegen zu befestigen. Dieselben geben den Schiffen beim die Schleuse die gehörige Richtung und dienen an Einsetzen der Haken oder zum Umschlingen von 7 Geschwindigkeit zu mässigen.

Auch wenn das Schiff sich in der Schleuse es darin befestigt werden, damit es durch die S beim Oeffnen der Schütze entsteht, nicht zu heftig gegenwände, oder wohl gar gegen die Thore gestosse es leicht beschädigen könnte. Es befinden sich dal Seiten der Kammer, und zwar hinter den Mauern, w halter. Ausserdem pflegt man auch noch in der äu der Mauern Schiffsringe anzubringen, d. h. sta hörig verankerte eiserne Ringe, durch welche man der Schleuse liegenden Schiffe aus, zur Befestigung des ziehn kann. In Fig. 47 auf Taf. XXVI ist ein solch ring dargestellt, er hängt an einer Oese, die mit a verbunden ist. Der Ring und eben so die Oese dürfte vor die Mauer vortreten, weil sie sonst die Weite d beschränken würden. Man bildet daher in dem Werkst sie sich befinden, eine Höhlung, die Beide aufnimmt. Tau durch den Ring gezogen werden kann, muss d fasst und etwas aufgehoben werden, was in manchen f namentlich wenn es darauf ankommt, möglichst schnell zu befestigen, unbequem und störend sein kann. Aus möglich, dass der Ring nicht von selbst zurückfiel, er alsdann vor die Mauer vortritt, Veranlassung gebe dass ein Schiff sich dagegen klemmt. In beiden Beziehn die festen eisernen Krenze, die man Fig. 261 a auf T sieht, vorzuziehn. Sie liegen ganz in der Mauer, indem a stücke, worin sie angebracht sind, mit halbkugelförmig ellipsoidischen Vertiefungen verschn sind. Die beiden B gen, welche zusammen das Kreuz bilden, sind etwas g so dass sie in der Mitte nahe in die Mauerfläche treten, i das Tau leicht umgeschlungen werden kann, während ih



genug in den Stein greifen, um gehörige Haltung zu haben. Gemeinhin kein starker Zug gegen diese Kreuze ausgeübt, so begnügt man sich, die Enden der Stangen nur zu verankern, ohne dass sie wirklich in den Stein eingreifen; vortheilhaft aber ist, wenn der Stein wenigstens in einer Richtung abfahrt ist, damit die vordere Stange sicher gehalten wird.

Fig. 347 zeigt diese Anordnung. *a* ist die Ansicht des in ellipsoidischen Nische angebrachten Kreuzes und *b* der horizontale Durchschnitt durch die Mitte des Steines und des Kreuzes. Die horizontale Stange des letztern ist gekrümmt, und bildet einen Bogen. Wenn es möglich wäre, die Bohrlöcher so auszuheben, dass sie gleichfalls gekrümmt wären und in den Bogen des Kreises fielen, so könnte man, ohne bedeutenden Spielraum zu geben, die Stange in die Steine einziehen. Da dieses nicht leicht ausführbar ist, so muss man die geraden Bohrlöcher so erweitern, dass die Stange noch hineingebracht werden kann.

Dieses ist auch ohne Nachtheil, indem die Löcher doch erweitert werden müssen. Man überzeugt sich aber leicht, dass die Stange, indem sie auf beiden Seiten sich gegen die volle Fläche des Steines lehnt, sehr sicher befestigt ist. Die andre Stange, welche die auf- und abwärts gerichteten Arme des Kreuzes bildet, liegt hinter der ersten, und lehnt sich gegen diese, woher Befestigung im Steine weniger Vorsicht erfordert. Sie besteht aus einem Bügel, dessen Arme parallel auslaufen und in entsprechende Bohrlöcher des Steines vergossen werden.

Gemeinhin ist der Zug, der an die Schiffsringe und Kreuze einer Schleuse angebracht wird, nicht so bedeutend, dass ein Ausreißen der Steine zu besorgen wäre. Nichts desto weniger würde eine solche Gefahr doch eintreten, wenn diese Steine wenig in die Mauer einhängen; man muss daher jedesmal zu Werkstücke anwenden, die an sich gehörige Festigkeit haben, hinreichend tief eingreifen und sorgfältig und zwar mit Anwendung von gutem Mörtel versetzt sind. Sollten diese Massen nicht genügend erscheinen, so sind hierbei in gleicher Art, wie an Hafenmauern geschieht, die Steine als Binder zu behandeln, die besonders tief eingreifen, auch wohl durch angemessenen

Fugenschnitt oder Verdübelung den Druck auf die nächsten übertragen. Eine vollständige Verankerung der Schiffsringe an die hintere Fläche der Mauer, oder gegen besondere Anker ist aber jedenfalls bei Schleusen entbehrlich.

Dagegen kommt es bei Schleusen, welche die Eingänge zu Seehäfen bilden, häufig vor, dass kräftige Erdwinden aufgestellt werden müssen, um die Schiffe zu bringen. Auf den Seeschiffen selbst befinden sich freilich dergleichen Vorrichtungen, aber wenn nicht besondere Hülfskraft an Bord genommen wird, so kann die Besatzung des Schiffes, die namentlich beim Einfahren in einen Hafen sehr häufig durch andre Arbeiten in Anspruch genommen wird, mit der erforderlichen Energie diese Maschinen in Wirkung setzen. Besonders bei ungünstigen Winden, oder wenn ein starker Strom in der Nähe der Schleuse stattfindet, tritt die Nothwendigkeit am stärksten ein, und gerade in solchem Falle wird die möglichste Eile geboten, um das Schiff in Sicherheit zu bringen. Alsdann lässt sich viel leichter der erforderliche Zeitaufwand darstellen, indem es an hinreichender Mannschafft zum Besetzen kräftiger Winden hier nicht zu fehlen pflegt, wo die Erdwinden vorhanden sind, und schnell in Gang gesetzt werden können.

Dass man in den Kammermauern zuweilen Treppen bringt, ist schon oben (§. 100) erwähnt worden. Sie kommen selten vor, und können auch unbedenklich entbehrt werden, nicht etwa gewisse Controlen oder Nachmessungen der eingehenden Schiffe vorgenommen werden müssen. In diesem Falle ist es allerdings am wenigsten zeitraubend, wenn der nothwendige Aufenthalt des Schiffes in der Schleuse zu diesem Zweck benutzt wird, und es weder vorher, noch nachher ans Ufer darf, um den Beamten aufzunehmen und abzusetzen. Die Anordnung solcher Treppen ist aber immer mit namhaften Kosten verbunden wegen der nothwendigen Verbreiterung der Kammermauern, überdiess ist sie auch für den Verkehr neben der Schleuse sehr hinderlich, besonders wenn man sie mit Geländern umgibt. Eine viel bessere Anordnung, die denselben Zweck vollständig erfüllt, ist

in erwähnten Uebelständen frei ist, findet man zuweilen in Schleusen für Seeschiffe; sie ist nur etwas weniger bequem, indem die Treppe sich in eine senkrecht stehende Leiter verwandelt. In der Kammermauer ist nämlich an passender Stelle ein senkrechter Falz eingeschnitten, von 8 Zoll Tiefe und 18 bis 24 Zoll hoch, und darin befinden sich im Abstände von etwa 3 Zoll von der Mauerfläche eiserne, oder kupferne Stäbe, welche die Sprossen der Leiter bilden und 1 Fuss von einander entfernt sind. Wegen der geringen Tiefe des Falzes ist dabei eine Verstärkung der Mauer nicht erforderlich, und eben so ist auch die Anbringung eines Geländers entbehrlich, während andererseits die Schiffe den Sprossen dieser Leiter gar nicht in Berührung kommen können, und sonach die Gefahr des Untergreifens oder Aufhängens vollständig verschwindet, die bei einer Treppe von der in Fig. 261 dargestellten Anordnung doch keineswegs ganz in Abgesondert werden kann.

Bei Schleusen, die für den Durchgang von Flussschiffen bestimmt sind, kommen fast jedesmal noch zwei andre Treppen vor, nämlich auf den Kanal-Ufern oder den Flügelmauern an beiden Eingängen zur Schleuse. Man muss diese Treppen von der gewöhnlichen Art des Schiffahrts-Betriebes als nothwendig bezeichnen, denn ein Theil der Mannschaft geht beim jedesmaligen Passiren einer Schleuse auf das Ufer, um theils den Schleusenwärter beim Oeffnen und Schliessen der Schütze und die Taue zu unterstützen, theils aber auch um die Taue und Fangen, woran das Schiff gehalten und gezogen wird, zu befestigen und zu lösen, und die sonst etwa erforderliche Hülfe zu leisten. Wenn die in Rede stehenden Treppen nicht vorhanden sind, unterbleibt das Hin- und Hergehen der Leute keineswegs, sondern sie schlagen alsdann jeden beliebigen Weg über die Dossirungen ein, und indem sie stets die festesten und am besten geeigneten Stellen aussuchen, so zerstören sie auf grosse Strecken die Dossirungen. Es ergiebt sich hieraus, dass enge und unbequeme Treppen das Betreten der Dossirungen nicht sicher verhindern können, dieses vielmehr nur geschieht, wenn die Treppe so eingerichtet ist, dass sie leichter und bequemer zu passiren ist, als jeder andre Weg zum Ufer in der Nähe. Diese Treppen sind nicht nur der

Abnutzung durch vielfachen Gebrauch und durch das Herüberwälzen schwerer Gegenstände ausgesetzt, sondern leiden auch durch die Strömung, namentlich wenn der Wasserstand davor bedeuend wechselt. Sie müssen daher sowohl an sich fest, als auch sehr gegründet sein. Zuweilen bestehen sie nur aus Holz, doch sind sie alsdann wenig dauerhaft, und müssen in kurzen Zwischenräumen erneuert werden. Der Massivbau ist daher viel vorthafter, und besonders empfiehlt es sich, starke Platten aus festem Gestein zu den Stufen zu wählen, die auf einer zusammenhängenden Untermauerung ruhen.

Unsere Schleusen werden jedesmal eben so, wie die Französischen und grossentheils auch die Niederländischen mit Pegeln versehen, von denen einer den Stand des Oberwassers, und der zweite den des Unterwassers anzeigt. Diese Vorsicht begründet sich vollständig dadurch, dass ein Blick auf die Pegel, deren Beziehung zu der Höhe der Drempe man kennt, genügt ist, um zu beurtheilen, ob ein Schiff von gewissem Tiefgange die Schleuse passiren kann, oder nicht. Ausserdem kann der Wärter einer Kanalschleuse sich dadurch auch immer am leichtesten überzeugen, ob in der vorhergehenden und folgenden Kanal-Strecke der normale Wasserstand gehalten wird, und ob er etwa, um dies wieder darzustellen, die Schützen in der Schleuse, oder die Freiarbeite ziehn, oder die sonstigen Wasserlösen in Betrieb setzen soll.

Zur Beurtheilung der Wasserstände auf den Drempele ist es am bequemsten, die Nullpunkte der Pegel in die Horizontale dieser Drempe zu legen. Der am Pegel beobachtete Wasserstand zeigt alsdann unmittelbar die Höhe des Wassers über dem betreffenden Drempe an. Nichts desto weniger legt man häufig die Nullpunkte beider Pegel in denselben Horizont, und zwar in den des Unterdrempe, um aus der Differenz der beiden beobachteten Wasserstände das Gefälle der Schleuse leicht erkennen zu können.

Gemeinlich stellt man die Pegel in die Dammspalte des Ober- und Unterhauptes, wo sie allerdings vor äussern Beschädigungen vollständig gesichert sind, und sowohl von den durchgehenden

als auch von der gegenüber stehenden Mauer bequem werden können. Nichts desto weniger ist diese Stellung insofern nicht passend, als bei jeder Reparatur der Thore und selbst bei den oft wiederkehrenden Instandsetzungen an den Schluessenthoren die Dammbalken eingelegt, und zu diesem Zwecke der Pegel beseitigt werden müssen. In Schleusen, namentlich wenn sie massiv sind, fehlt es freilich nicht an Festpunkten, an denen der Pegel bei der Wiederaufstellung immer genau die Lage erhalten gegeben werden kann, die er früher hatte. Diese Lage wird jedoch oft nicht vollständig beachtet, und namentlich wenn man den Dremmel als Festpunkt benutzt, so kann durch die Verschiebung desselben leicht eine Verschiedenheit in der Aufstellung der Thore eintreten, die Irrungen veranlasst. Es verdient daher unbedingt den Vorzug, den Pegel so zu stellen, dass er häufig ausgehoben werden darf, er vielmehr unverändert unberührt stehen bleibt, bis seine Erneuerung nothwendig wird. Man darf zu diesem Zwecke nur sowohl im Ober-, als im Unterhaupt, und zwar ausserhalb der Dammfulze noch besondere tiefe und flache Falze für den Pegel ausarbeiten. Auf den Laufbrücken auf den Schluessenthoren ist schon Bedacht gewesen, sollen aber grössere Brücken, die die Thore zu dienen, über einer Schleuse erbaut werden, so thut es besser, sie auf das Unterhaupt und zwar noch unterhalb der Dammfulze zu verlegen, weil sie alsdann beständig über dem Unterliegen, und sonach selbst höhere Ladungen darunter durchfahren können, ohne dass sie deshalb mit Vorrichtungen zum Anhalten versehen sein dürfen. Hierbei tritt freilich der Uebelstand ein, dass die Schluessenmauern mehr um die volle Breite der Brücke erweitert werden müssen, was nicht nöthig wäre, wenn man die Thore in der Schluessenkammer gelegt hätte. Zuweilen kommt auch diese Verlängerung, ohne den ersten Vortheil aufzuheben, indem die Brücke über dem äussersten Theile der Thore und dem Hinterboden des Unterhauptes angebracht wird. Ist man aber gezwungen zum Oeffnen und Schliessen der Thore, so ist eine Vorrichtung zu wählen, die wenig Raum erfordert. In diesem Falle finden vorzugsweise die gezahnten eisernen Bodenplatten Anwendung, die oben (§. 108) beschrieben sind.



Wenn dagegen die durchgehenden Schiffe Masten haben, die nicht niedergelegt werden können, was namentlich bei grossen Seeschiffen der Fall ist, so kommt es auf den geringsten Höhen-Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser gar nicht an, und es ist abdann ganz gleichgültig, an welcher Stelle die Brücke erbaut wird.

Schliesslich muss noch einer besondern Vorrichtung Erwähnung geschehen, die man bei den Amerikanischen Kanälen mehrfach angewendet hat, um die Ladungen sicher zu ermitteln, und darnach die Frachtzölle zu bestimmen. Dergleichen Vorrichtungen befinden sich an beiden Enden des Shuylkill-Canals in Pennsylvanien. Der Kanal beginnt bei Mill-Creek auf dem Gebirgszuge Blue Mountain genannt, und zieht sich theils neben, theils in dem Flusse Schuylkill bis zu dessen Mündung in den Delaware bei Philadelphia. Er wird beinahe ausschliesslich zum Transport der Anthracit-Kohlen benutzt, die von hier aus über einen grossen Theil der Freistaaten sich verbreiten, und eben dadurch diesem Lande eine grosse Bedeutung geben.

Jedes Schiff, welches den Kanal befährt, wird leer gewogen; ausserdem wird es jedesmal, wenn es beladen den Kanal verlässt, auf der einen, oder der andern Wage wieder gewogen. Das Bassin, worin die Wiegung vorgenommen wird, ist einer gewöhnlichen Schiffsschleuse gleich, es unterscheidet sich davon nur, dass die Kammer auf beiden Seiten mit Oberhäuptern versehen ist, und durch Seitenkanäle vollständig entleert werden kann. Die Weite der Schleuse in den Häuptern misst  $17\frac{1}{2}$  Fuss englisch, und die Länge der Kammer von Thor zu Thor 85 Fuss. Der Eingang in jedes Haupt wird nur durch ein einzelnes Thor geschlossen, und zwar durch ein solches, das sich um eine horizontale Axe dreht. Beide Thore werden nach der von der Kammer abgekehrten Seite zurückgeschlagen, so dass beide das Oberwasser abhalten.

Auf 57 Fuss Länge ist die Kammer um 2 Fuss verbreitert, und hier befindet sich der rostförmig zusammengesetzte Rahn.

Bei jedem Schiff gestellt wird, welches gewogen werden soll. Der Rahmen hängt, wenn das Schiff einfährt, nahe über dem Boden der Schleuse. Beim Ablassen des Wassers sinkt das Schiff auf herab, und mittelst eines Systemes von fünf Hebeln bringt dasselbe in ähnlicher Art, wie bei gewöhnlichen Brückenwaagen mit einem passenden Gegengewichte ins Gleichgewicht. Zur Unterstützung der Hebel ist eine hölzerne, gehörig verbundene verstrechte Rüstung über dem erweiterten Theile der Schleuskammer erbaut. Vier gusseiserne einarmige Hebel ruhen mit einem Ende auf den Ecken dieser Rüstung und erstrecken sich in diagonaler Richtung nach dem Mittelpunkte der Schleuse, wo die andern Enden in zwei eisernen Bügeln ruhen, die an dem Rahmen der Hebel hängen. Die vier ersten Hebel sind etwa 19 Fuss lang, und im Abstände von etwa 1 Fuss vom Unterstützungspunkte jeder einen Bügel, woran mittelst vier schrägen Zugstangen der bereits erwähnte Rahmen hängt. Dieser Rahmen wird sonach von sechzehn Zugstangen getragen, und es darf kaum erwähnt werden, dass diese Stangen sämmtlich durch die äussern Balken des Rahmens greifen, welche in der Erweiterung der Kammer liegen, so dass sie die Durchfahrt der Schiffe nicht hindern.

Der fünfte Hebel, gleichfalls aus Gusseisen bestehend, ist einarmig. In der Mitte der Schleuse, trägt er, wie erwähnt, an zwei Bügeln die Enden der vier ersten Hebel. Im Abstände von etwa 1 Fuss ist er mit einer stählernen Schneide versehen, die als Drehungsaxe dient. Dieselbe ruht in einer Rinne auf der Rüstung. Sein längerer Arm, etwa 18 Fuss lang, erstreckt sich seitwärts über die Schleuse, und daran hängt die Schale, in die die Gewichte gelegt werden.

Das Verfahren beim Wiegen ist hiernach höchst einfach. Gewöhnlich sind beide Thore offen, und die leeren Schiffe gehen, wenn sie bereits früher gewogen sind, ohne Aufenthalt über den verankerten Rahmen fort. Soll dagegen ein Schiff gewogen werden, so richtet man, sobald dasselbe eingefahren ist, beide Thore zu und zieht die Schütze der Ableitungs-Kanäle. Das Schiff sinkt sich alsdann auf den Rahmen sanft auf, und nachdem die Kammer entleert ist, wird es gewogen. Hierauf schliesst man

## 280 XV. Schiffsschleusen. 110. Nebentheile.

jene Schütze, und öffnet die Umläufe, wodurch die Kammer wieder gefüllt und das Schiff vom Rahmen abgehoben wird, so dass es nach dem Oeffnen des Thores die Fahrt fortsetzen kann. Mittelst dieses Apparates kann man noch Schiffe wiegen, deren Brutto-Gewicht 150 Tons oder 3000 Centner beträgt, doch meinhin wird dieses Gewicht lange nicht erreicht. Michel (valier sagt\*), die Wage sei so empfindlich, dass sie bei 2 Pfunden schon einen Ausschlag giebt.

---

\*) *Votes de Communication aux états unis. I. pag. 487.*



## Sechszehnter Abschnitt.

### **Eigenthümliche Schiffsschleusen.**

---





## §. 111.

### Schiffsschleusen mit Spülthoren.

In vorigen Abschnitte sind die gewöhnlichen Schiffsschleusen beschrieben, welche den Uebergang der Schiffe aus einem Wasser-Bassin in ein anderes, höher oder niedriger gelegenes, ermöglichen, ohne dass das Oberwasser abgelassen, oder das Schiff über den Wassersturz geführt werden darf. Die sogenannten Dockschleusen, die eigentlich nur einzelne Häupter sind, wurden in dieser Beschreibung mitaufgenommen, weil sie mit jenen wohl in der Anordnung, wie in der Construction übereinstimmen, auch ihr Zweck kein anderer, als der einer gewöhnlichen Schiffsschleuse ist, nämlich einen höhern Wasserstand zu halten, und einen Durchgang für Schiffe zu bilden.

Ausser diesen Schleusen giebt es noch verschiedene andre, wenn sie zum Theil auch nur dieselben Zwecke, wie gewöhnliche Schiffsschleusen erfüllen, dennoch in ihrer ganzen Anordnung von diesen wesentlich verschieden sind. Die Anzahl solcher eigentlich eingerichteten Schleusen ist zwar nicht gross, sie dürfen aber dennoch nicht mit Stillschweigen übergangen werden, weil ihre Zusammensetzung grossentheils sehr sinnreich ist, und die andern Zwecke, die man durch sie zu erreichen beabsichtigt, ohne Zweifel in vielen Fällen von grosser Wichtigkeit sind. Es kommt noch, dass die Fortschritte der Technik des Maschinenbaues ihre Ausführung in Zukunft sehr erleichtern werden.

Die Zusammenstellung der in diesem Abschnitte behandelten Gegenstände bedarf noch einer Rechtfertigung. Es sind nämlich unter einzelne Anlagen aufgenommen, die von den Schleusen wesentlich verschieden sind, dass man sie nicht mehr Schleusen nennen kann, vielmehr andre Benennungen dafür eingeführt hat. Nichts desto weniger stimmen sie dem Zwecke nach, den-

noch mit den Schiffsschleusen nahe überein, und eine passende Stelle für ihre Beschreibung war nicht zu finden, während in diesem Werke doch nicht ganz übergangen werden dürfen.

Zunächst wird von denjenigen Schiffsschleusen die Rede sein, welche zugleich als kräftige Entwässerungs- oder Spülschleusen dienen, die also zur Abführung grosser Wassermassen geeignet sind. Bei der gewöhnlichen Schiffsschleuse lassen sich die Thore nur öffnen und schliessen, wenn die Niveau-Differenz zwischen den beiderseitigen Wasserständen vorübergehoben ist. Ihre ganze Oeffnung kann daher nicht frei gemacht werden, und wenn man das Oberwasser senken, oder das Unterwasser heben will, wie bei Kanälen häufig erforderlich ist, so bleibt nur übrig, hierzu die Schütz-Oeffnungen in den Thoren oder die Umläufe zu benutzen, wodurch aber augenscheinlich nur eine sehr mässige Strömung dargestellt werden kann. Bei Entwässerungen ist das Gefälle fast immer nur sehr geringe, um diesen Zwecke grosse Wassermassen abzuführen, muss man daher bedeutende Profile darstellen, was mittelst solcher kleinen Schütz-Oeffnungen nicht möglich ist. Wichtiger ist bei den Seehäfen noch das Bedürfniss zur Erzeugung eines kräftigen Spüstromes, und die Mehrzahl der Schleusen, die zunächst beschrieben werden sollen, bezwecken in der That nur die Spülung der Hafenmündungen. Der in der kurzen Zwischenzeit von sechs Stunden wiederkehrende Wechsel zwischen Fluth und Ebbe bietet die passende Gelegenheit dar, einen kräftigen Strom im Eingange des Hafens zu erzeugen und dadurch die Kies-, Sand- oder Thonmassen zu beseitigen, die vorzugsweise gerade hier sich anzulagern pflegen. Man fängt in einem weiten Bassin das Hochwasser auf, und sperrt es gewöhnlich mittelst einer nur zu diesem Zwecke erbauten und keineswegs zum Durchgange von Schiffen dienenden Spülschleuse so lange ab, bis ausserhalb der niedrigste Wasserstand eingetreten ist. Alsdann öffnet man plötzlich die Schleuse, und indem die Verbindung in grosser Weite dargestellt wird, stürzt sich die aufgefangene Wassermasse in heftiger Strömung nach der See und reisst den Sand und Thon selbst die Steine, welche in der Hafenmündung sich angesammelt hatten, mit sich fort. Es darf kaum darauf hingewiesen werden, dass die Wirkung fast ganz verschwindet, wenn man diese

asse sehr langsam, oder durch eine kleine Oeffnung wollte lassen, und es ist daher Bedingung, dass in der use plötzlich eine weite Oeffnung frei werden muss. gewöhnlichen Spülschleusen gehören nicht hieher, indem Schiffasschleusen sind; sie werden bei Gelegenheit der beschrieben werden. Sie stellen auch fast niemals die ng mit den Docks oder Hafenbassins dar, weil in diesen re Wasserstand erhalten werden muss, damit die Schiffe en. Es sind vielmehr besondere, ausgedehnte Bassins, annten Spülbassins daneben eingerichtet, durch welche ist werden.

bedarf keiner nähern Auseinandersetzung, dass die Einder doppelten Bassins (Dock- und Spülbassin) und die ; der doppelten Schleusen (Dockschleuse und Spülschleuse) 1 - Anlage ausserordentlich vertheuert und erschwert, und daher die Idee sehr nahe, das Dock zugleich als Spülhasdie Dockschleuse zugleich als Spülschleuse zu benutzen. d alsdann freilich die Spülung nicht bei jeder Ebbe und eschränkten Maasse vornehmen können, aber wenn auch Zeit der Springfluthen, welche die höchsten sind, ge- dabei der Wasserstand im Dock auch nur um einige esenkt werden darf, so wird auch hierdurch schon eine le Vertiefung erzeugt. Die Dockschleuse muss alsdann eingerichtet sein, dass die Thore, ohnerachtet des hohen uckes von der Binnenseite, sich öffnen lassen, und dass r auch sicher und schnell geschlossen werden können, der heftige Strom noch hindurchgeht und eine bedeutende Differenz noch besteht.

häufigsten, wenn freilich nicht genügend, hat man diese dadurch gelöst, dass man die gewöhnlichen Schleu- re mit Spülthoren versehen hat. Die Figuren 348 zeigen in der Seitenansicht und im horizontalen Quer- esse Anordnung, wie solche namentlich in den Niederlan- oft vorkommt. In ähnlicher Weise, wie die zweiflüge- ppen in den Thoren zum Füllen und Leeren der Schleu- er benutzt werden (§. 109 und Fig. 339), so dienen im den Falle grössere Klappen, welche die ganze Breite eines chliessen, zum Durchlassen grösserer Wassermassen.

Das Schleusenthor ist dabei wie Fig. 348 *a* zeigt, in gewöhnlicher Weise zusammengesetzt, es unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Thore nur dadurch, dass der Zwischenraum zwischen dem Schwellrahmen und dem untern Riegel bedeutend vergrößert und ganz frei gehalten werden muss. In diesem Theile demnach die Bekleidung, so wie auch die Strebe erst weiter wärts in die Wendesäule verzapft ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass das Thor hierdurch ausserordentlich gesichert wird, man pflegt es dagegen zwar durch Zugbänder zu sichern, auch sämtliche Bekleidungs-Bohlen als Streben zu lassen, und überdiess für eine möglichst feste Zusammenbauung zu sorgen; nichts desto weniger würden alle diese Vorkehrungsregeln ungenügend sein, wenn ein solches Thor eine beträchtliche Breite erhalten sollte. Man wendet demnach diese Construction nur bei kleineren Schleusen an, deren lichte Weite den Hauptern sich auf 20 bis 24 Fuss beschränkt.

In die erste Figur, welche das Schleusenthor darstellt, das Spülthor nicht eingezeichnet, dieses vielmehr in Fig. 348 *b* besonders dargestellt. Es zeigt sich in *a* von derselben Seite das Schleusenthor. Es ist oben und unten mit vortretenden Pfannen versehen, und diese stehen in Pfannen, welche in die Fläche des untern Riegels und die obere Fläche des Schwellrahms eingesetzt sind. Letztere sieht man Fig. 348 *b*. In dem Flügel des Spülthores sind gemeinhin nicht von gleicher Höhe, vielmehr ist derjenige, der sich an die Wendesäule lehnt, acht bis sechsten Theil länger, damit das Thor durch den Wasserdruck schnell geöffnet wird, sobald man die Spülthore treten lassen will.

Die Construction dieser Spülthore stimmt einigermaßen mit der der gewöhnlichen Schleusenthore überein, die Wendesäule befindet sich aber in der Mitte, während an dieser Seite eine Schlagsäule angebracht ist. Mittelriegel kann dabei nicht füglich anbringen, weil sie durch die Ueberschneidung der Wendesäule sowohl selbst zu sehr geschwächt werden, als auch letztere dabei leiden müsste. Ueberdiess ist die Höhe dieses Thores so geringe, dass man die Mittelriegel entbehren kann. Vorzugsweise wird diesem Thore die nöthige Steifigkeit durch den obern und untern Rahm gegeben.

wählt dazu besonders breite Holzstücke, die in der Mitte stark gehalten werden, während sie an den Seiten sich verjüngen. Hierdurch bestimmt sich der horizontale Querschnitt des Thores (Fig. 349 b). Um die Zapfen, welche die Drehungsaxe bilden, anbringen zu können, werden die oben erwähnten Rahmentheile der dem Unterwasser zugekehrten Seite eingeschnitten, und die Wendesäule erhält die ganze Höhe des Spülthores. Offenbar lässt diese Anordnung eine merkliche Schwächung des Thores und seine Steifigkeit leidet dadurch. Man bemüht sich indessen den Uebelstand möglichst zu mässigen, indem man die Einschnitte nur soweit einschneidet, dass die Zapfen ungeschwächt bleiben. Ausserdem werden die Zapfen gewöhnlich aus der Mitte des Thores noch etwas nach der dem Unterwasser zugekehrten Seite versetzt (Fig. 349 b), und endlich wird durch sorgfältige Arbeit und durch Eisenbeschläge dem Durchbiegen der Rahmentheile und des ganzen Thores soviel, wie thunlich, vorgebeugt. Man könnte leicht eine andre Construction wählen, bei der die beiden Rahmentheile nicht in dieser Art geschwächt würden, indessen wäre die Aufstellung des Spülthores noch schwieriger. Man kann dasselbe nämlich nicht in das fertige Schleusenportal einsetzen und bei vorkommenden Reparaturen herausnehmen, sondern man ist seine Wendesäule aus dem Portal gar nicht zu entfernen, ohne dieses zu zerlegen. Die beschriebene Anordnung ist eine Erleichterung, dass man, so oft es nöthig ist, den ganzen übrigen Theil des Spülthores von seiner Wendesäule lösen und später wieder daran befestigen kann.

Die erwähnten Zapfen sind an die Wendesäule angeschnitten und mit metallnen Büchsen bekleidet, die Pfannen, worin sie drehen, bestehen gleichfalls aus Metall. Was im Uebrigen die Construction der Spülthore betrifft, so ergiebt dieselbe sich von hinreichender Deutlichkeit aus der Figur. Die Schlagsäulen, eben so auch die Mittelsäule sind in die beiden Rahmentheile eingepasst. An jeder Seite befindet sich eine Strebe, die zugleich Theil der Bekleidung bildet, und sich an die übrigen, als an aufgenagelten Bekleidungs-Bohlen anschliesst.

Es ergiebt sich aus der ganzen Einrichtung dieses Spülthores, dass der Schluss desselben gegen die Verbandstücke des Hauptthores nicht so sicher und wasserdicht sein kann,



wie bei gewöhnlichen Schleusenthoren. Der kürzere Flügel, beim Aufgehn nach der Seite des Oberwassers aufschlägt, wenn er geschlossen ist, freilich durch den Wasserdruck gegen die Falze in die Schlagsäule und dem Riegel und Schwellrahm des Schleusenthores fest angedrückt, dagegen wird der längere Flügel, soweit die Steifigkeit desselben es gestattet, eben durch den Wasserdruck davon entfernt, und die Fugen sind daher nicht sicher geschlossen. Die erwähnten vortretenden Ränder, welche die Falze in der untern Fläche des untern Riegels und der obern Fläche des Schwellrahms begrenzen, sind in Fig. 348 sichtbar. Es ergibt sich auch daraus, dass dergleichen Ränder in der Nähe der Wendesäule des Spülthores gar nicht angebracht werden können, weil dieses den nöthigen freien Raum zu seiner Drehung behalten muss; die Fugen, sowohl oben, wie unten, bleiben daher hier ganz offen.

Insofern derjenige Flügel des Spülthores, der nach dem Unterwasser aufschlägt, länger ist, als der entgegengesetzte, würde das Thor, sobald einige Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser eingetreten wäre, und der Ueberschuss des Druckes des ersteren die Reibung überwinden könnte, sich selbst von selbst öffnen. Um dieses zu verhindern, ist das Schleusenthor noch mit einem hebel förmigen Vorreiber (den man in Holland den Praam oder Königs-Stiel) nennt, versehen. Die Figuren 348 *a* und *b* zeigen ihn. An der Wendesäule des Schleusenthores befindet sich nämlich eine zweite Wendesäule von der Höhe des Spülthores. In ihrer Anordnung und Wirksamkeit entspricht sie sehr genau der in Fig. 191 auf Taf. XLVI dargestellten, und zum Zurückhalten und plötzlichen Lösen der Dambalken in Freiarchen dienenden Wendesäule (§. 88). Wenn sie die in Fig. 348 gezeichnete Stellung einnimmt, so drückt sie gegen die Schlagsäule am längern Flügel des Spülthores, und hält dasselbe geschlossen. Um den gehörigen Druck auszuüben ist sie mit einem Hebelarme versehen, der bis über den oberen Rahm des Schleusenthores heraufreicht, und hier durch einen Ueberwurf zurückgehalten wird. Dieser Arm besteht gewöhnlich in einem krumm gewachsenen Holze, und ist mittelst eines Riegels in der Höhe des obern Rahms des Spülthores noch mit seiner Wendesäule verbunden, während Eisenbeschläge diese Verbindung

chst sichern. Die Wendesäule selbst ist sowohl oben, wie , mit Zapfen versehn, die in eisernen Bügeln sich drehen. die Spülung erfolgen, so braucht man nur den erwähnten wurf zu lösen, worauf sogleich der Hebel mit der Wende- durch den Druck des Spülthores zurückgeschlagen wird, letzteres sich öffnet.

Zum Zurückdrehen des Spülthores ist in der Regel besondere Vorrichtung getroffen. Wenn gespült wird, so fliesst, und auswärts der niedrige Wasserstand statt findet, die ganze ssia aufgefangene Masse ab, und erst wenn die Durchström- aufgehört hat, stösst man das Spülthor wieder zurück und igt es mittelst des beschriebenen Hebels. Man kann indes- ach leicht durch Taue oder Ketten das Spülthor gegen einen ren Wasserdruck zurückziehn. Dieser Druck lässt sich noch h aufheben, dass man, wie zuweilen wirklich geschieht, Flügel einander gleich macht, und den einen mit einer Schütz- ing versieht. Dieses Schütz wird mittelst einer Kette gezo- damit die Kette aber die Bewegung des Spülthores nicht e, muss sie in der Axe desselben, oder doch nicht weit da- ntfernt gehalten werden. Alsdann ist der Wasserdruck ge- en Flügel, worin das Schütz sich befindet, minder stark, gen den andern Flügel, und das Thor öffnet sich von selbst, der Hebel gelöst wird. Will man die Spülung unterbre- so löst man zuerst die Kette, woran das Schütz hängt, und be sinkt, wenn es hinreichend schwer ist, sogleich herab, es in dem vollständig geöffneten Thore von beiden Seiten em Drucke ausgesetzt ist. Hierdurch wird die Verschieden- es Druckes gegen beide Flügel des Thors aufgehoben, und t der vorerwähnten Ketten oder Taue kann man, selbst bei tender Niveau-Differenz und bei heftiger hindurchgehender ung das Spülthor schliessen. Auf diese Weise ist die Spü- beliebig zu unterbrechen, und die Senkung des Wasserstan- n Hafen auf ein bestimmtes Maass zu beschränken, falls erforderlich sein sollte.

In andrer Beziehung ist dieses Spülthor keineswegs von be- iden Mängeln frei. Dass es nicht wasserdicht ist, ist be- erwähnt worden. Man pflegt deshalb, sobald die Schlenze igen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

nicht zum Durchschleusen der Schiffe, oder zum Spülen wird, den Wasserdruck auf das zweite Thorpaar der Schleuse übertragen. Wichtiger ist der Mangel an Festigkeit eben durch die grosse freie Oeffnung im Thore veranlasst. Namentlich erhält die Strebe eine sehr unzweckmässige Form und kann dem Sacken des Thores nicht genügend vorbeugen. Sobald aber das Schleusenthor seine Form verändert, so verliert das Spülthor noch weniger, und wird bald ganz unbrauchbar, indem es sich nicht mehr öffnet, oder wenn es gewaltsam gezwungen wurde, sich nicht mehr schliessen lässt. Dieser Uebelstand ist besonders nachtheilig anzusehn, da er zu oft wiederholte Reparaturen Veranlassung giebt, und sogar die Benutzung des Spülthores unsicher macht. Endlich entspricht in vielen Fällen auch die Grösse der freien Oeffnung nicht dem Bedürfnisse. Bringt freilich in beiden zusammengehörigen Stemmthoren die obere Spülthore an, da aber die beiden Schlagsäulen und Wandsäulen der Schleusenthore, so wie auch die Wandsäule des Spülthores die Weite der Oeffnung beschränken, die Höhe aber vollends in mässigen Grenzen zu bleiben pflegt, sonst die Verstrebung zu sehr leiden würde, so ist der Gebrauch einer Spülung mit diesen Thoren in vielen Fällen wohl wesentlich von dem verschieden, den man erreichen würde, wenn man in den Thoren mehrere grosse Schutz-Oeffnungen gebracht hätte.

Zuweilen sieht man in den Niederlanden auch Thore dieser Art, wobei die Spülöffnung die ganze Höhe zwischen dem Thorschwelle und dem Schwellrahm einnimmt. Ein solches Thor hat gar keine Strebe, auch keinen Mittelriegel, dagegen setzt sich die Wandsäule des Schleusenthores, welche in diesem Falle besonders stark gehalten wird, noch mehrere Fuss über das Halsband der Schleusenmauer fort, und vom obern Ende desselben läuft ein Zugband bis zu dem obern Rahm des Thores in der Nähe der Schlagsäule herab. Indem dieses Band an beiden Enden mit starken Eisenbeschlägen versehen und mit den benannten Verbandsstücken vereinigt ist, so verhindert es, soweit seine Lage und die Steifigkeit der Wandsäule gestatten, ein Sacken des Thores. Eine Schleuse dieser Art befindet sich bei Maassluis oberhalb Schiedam.

Unter den verschiedenen Versuchen, die Schleusenthore mit heim hohen Wasserdrucke zu öffnen und zu schliessen, ; zuerst des Vorschlages Erwähnung geschehn, diese Thore, lich den Spülthoren, mit doppelten Flügeln zu versehn. Anordnung stimmt wesentlich mit den in Fig. 200 und 201 Taf. XLVIII dargestellten überein, welche §. 89 beschrieben . F. Schulz erzählt \*), dass er in der Sammlung der Modelle *Conservatoire des arts* zu Paris eine von Pitrou angegebene is - und Spülschleuse dieser Art gesehn habe, und giebt auch i Abbildung derselben. Jedes der beiden Thore bestand aus i gleich langen und gleich hohen Flügeln, die jedoch unter m stumpfen Winkel mit einander verbunden waren, damit der ere Flügel noch immer an die kreisförmige Seitenwand des ales sich anschliessen konnte, wenn auch der innere ganz zugeschlagen, und dadurch die Oeffnung der Schleuse frei ge-den war. Die innern Flügel beider Thore berührten einander den Schlagsäulen, wenn sie geschlossen waren, stemmten je- i nicht gegeneinander, sondern traten vielmehr in eine Ebene. beiden Seiten der Schleuse befanden sich Kanäle, die mit Ober- und Unterwasser in Verbindung standen, und neben Thoren so erweitert waren, dass ihre äussern, cylindrischen ade, etwas mehr, als einen Quadranten, umfassten. Auf diese ise sollten diese Seiten-Kanäle bei allen Stellungen, welche die rn Flügel annehmen könnten, durch die äussern Flügel ge-lossen werden. Beide Flügel jedes Thores hatten Schützöff- gen. Sobald letztere geschlossen, so könnten die Thore sich it von selbst öffnen, weil der Druck auf beiden Seiten derselbe, . sonach keine Veranlassung zu ihrer Drehung wirksam war. lte man aber die Thore öffnen, so durfte man nur die Schütze den äussern Flügeln ziehn, worauf der Wasserdruck, der nun- r gegen die innern Flügel stärker, als gegen die äussern ge- den, die ersteren aufstiess und die Schleuse frei machte, so e die Spülung eintrat. Um die Strömung zu unterbrechen, ste man dagegen die Schütze in den innern Flügeln, und less diejenigen in den äussern, wodurch die letztern, die wegen

---

\*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königs-  
g 1808. §. 32.

der Berührung mit den Wänden der Seitenkanäle stets dem vollen Wasserdrucke ausgesetzt blieben, vorgeschoben wurden, und durch den mittleren Raum, oder die eigentliche Schleuse schlossen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Ausführung solcher Schleusenthore, deren Flügel unter stumpfem Winkel zusammengesetzt werden, und dabei doch fest und steif sein sollen, noch mehr aber ihre Aufstellung und die Bildung eines ziemlich wasserdichten Schlusses grosse Schwierigkeiten bieten würde. In den Modellen waren die Zwischenmauern zwischen der eigentlichen Schleuse und den Seitenkanälen neben den Thoren unterbrochen und mittelst starker Balken überspannt, worin die Pfannen, die obere Zapfen der Thore eingesetzt waren. Ausserdem liess Pitrou noch verschliessbare Oeffnungen in diesen Mauern anbringen, um den Zufluss nach den Seitenkanälen einigermaassen reguliren zu können. Eine nähere Beschreibung der ganzen Anordnung, die niemals im Grossen versucht ist, erscheint überflüssig; es ist ihrer überhaupt nur deshalb hier Erwähnung zu thun, weil eine entfernte Aehnlichkeit mit den in späterer Zeit mehrfach erbauten Fächerschleusen nicht zu verkennen ist.

Der erste und vielleicht der gelungenste Versuch zur Lösung der in Rede stehenden Aufgabe rührt von Donker her, der ein Thorpaar, welches bei starkem Wasserdrucke geöffnet und geschlossen werden soll, durch ein zweites Thorpaar unterstützt, das in entgegengesetzter Richtung aufschlug. Hierin bildete er Räume, in denen, wenn sie auch nicht ganz wasserdicht abgeschlossen waren, doch wenigstens annähernd der Stand des Ober- oder Unterwassers dargestellt werden konnte. Die verschiedene Füllung dieser Räume erzeugte aber diejenigen Pressungen, durch die Thore unter allen Umständen sich von selbst öffneten und schlossen, während noch Winden auf den Schleusenmauern ihre Bewegungen unterstützten. Im Jahre 1770 wurde die erste Schleuse dieser Art bei Gouda erbaut. Sie hatte nur die Weite von 15 Fuss. Acht Jahre später kam aber eine gleiche Schleuse von 30 Fuss lichter Weite bei Schiedam zur Ausführung. Bestimmten in ihrer ganzen Anordnung sehr genau mit einander überein, und letztere ist in Fig. 350 a und b im Grundrisse und im Längendurchschnitt dargestellt. Sie sind dauernd im Gebrauche.



leben, und eine dritte soll nach Wiebeking auch bei Emden geführt sein.

Die Seite, wo der Buchstabe *A* steht, ist die äussere, oder Maas zugekehrt, und hier befindet sich zur Abhaltung der ersten Fluthen noch ein gewöhnliches Paar Stemmthore. Bei *B* ist die Schleuse mit dem Kanale in Verbindung, dessen Wasser Zeit der Ebbe in die Maas abgelassen wird. Das der Kanale zunächst befindliche Thorpaar *C* unterscheidet sich von einem gewöhnlichen nur durch die grosse Länge beider Flügel. Die Flügel bilden, wenn sie geschlossen sind, zwei Seiten eines gleichschenkeligen Dreiecks. Im Uebrigen zeigt ihre Aufstellung und Construction nichts Eigenthümliches. Sie lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, theils gegenseitig an einander, indem die Schlagflächen sich berühren, theils aber auch an Schlagschwellen, die, gewöhnlich, über den Thorkammerboden vortreten. Auch sind sie mit Schützöffnungen versehen, und um dem Sacken zu begegnen, wegen ihrer grossen Länge und der unvortheilhaften Stellung. Es streben allerdings sehr zu besorgen war, ruhen sie auf messingenen Rollen, die auf Bahnen von demselben Metalle laufen. Das zweite Thorpaar *D* ist diesem ersten entgegengesetzt, so dass beide, wenn sie geschlossen sind, sich einander in den Spitzen der Dreiecke, die sie bilden, berühren. Auch dieses zweite Thorpaar schlägt unter einem Winkel von 60 Graden zusammen. Es ruhen so wie das erste auf messingenen Rollen, und lehnt sich gleichfalls an zwei Schlagschwellen, die indessen in einer Richtung angebracht sind, die derjenigen der ersten entgegengesetzt ist. Die Schützöffnungen fehlen hier, dagegen liegen Umfänge in den Mauern, wie die Figuren zeigen. Diese zweiten Thore haben die eigenthümliche Einrichtung, dass sie nicht unmittelbar gegen einander stemmen, vielmehr die Schlagschwellen jedes Thores sich stets an das entsprechende Thor des ersten Paares lehnt, und wenn sie geschlossen sind, berühren die Schlagflächen dieses Thorpaares sich nicht gegenseitig, sondern die des einen Paares.

Soll die Schleuse geöffnet werden, so lässt man den Wasserdruk gegen das erste Thorpaar wirken, und indem dasselbe in der oben beschriebenen Weise zwischen die andern beiden Thore

greift, schiebt es dieselben vor sich zurück, und lehnt sie an die Thornischen. Beim Schliessen der Thore wirkt umgekehrt der Wasserdruck gegen das zweite Thorpaar, und alsdann schiebt dieses das erste vor, und bewegt es so weit, bis es sich an die Schlagachsen lehnt. Bei dieser Anordnung ist es nothwendig, die berührenden Flächen so darzustellen, dass sie, ohne zu sehr Reibung zu veranlassen, übereinander gleiten und doch einander umfassen einen wasserdichten Abschluss bilden. Dieselben Umläufungen müssen auch, soviel dieses möglich ist, zwischen den Thoren und dem Thorkammerboden erreicht werden. Der Wasserverlust kommt hierbei an sich nicht in Betracht, aber die Wasserströmung darf nicht so stark sein, dass die Wasserstände in den Räumen durch Öffnen und Schliessen der Schütze in den drei Räumen hinter den Thoren darzustellen muss, zu sehr gesenkt oder gehoben werden.

Die Wirksamkeit der Schleuse ist nach vorstehenden Erklärungen leicht zu ermessen. Die beiden Thorpaare halten, wenn sie geschlossen sind, von jeder Seite den höheren Wasserstand abhalten. Bei voller Fluth, oder wenn im Strome, also der Seite *A* das Wasser höher, als im Kanale steht, so wird die Thore *C* in derselben Art, wie gewöhnliche Schleusenthore durch den Wasserdruck dicht geschlossen und können überhaupt nicht geöffnet werden. Die Thore *D* sind in diesem Falle ohne Wirksamkeit. Die ersten Thore schliessen ab, aber auch eben so gut wie gewöhnliche Schleusenthore, und werden noch durch die Fluththore *F* unterstützt, wenn das Wasser einen besonders hohen Stand erreicht, der ihre Höhe übersteigt. Wenn dagegen im Strome niedriges Wasser ist, also der Wasserstand auf der Seite *B* stattfindet, so würden die Thore *C*, wenn sie allein ständen, sich allerdings öffnen, und man müsste in diesem Falle den Druck auf die Thore *D* übertragen. Dies geschieht, indem man in den Räumen *E* hinter den Thoren einen höheren Wasserstand des Kanales darstellt. Hierdurch verschärft der Druck gegen die Thore *C*, er überträgt sich aber auf die Thore *D*, die wieder, eben so wie gewöhnliche Schleusenthore einen dichten Abschluss bilden. Um in den Räumen *E* den höheren Wasserstand darzustellen, darf man nur die Schütze in den Räumen *C* öffnen, und die Umläufe schliessen.

Soll die Entwässerung eintreten, oder will man die Kanalung spülen, so ist nur nöthig, die eben erwähnten Schütze in Thoren zu schliessen und die Umläufe zu öffnen. Dadurch der Druck gegen die Thore *D* aufgehoben, während der die Thore *C* aufstösst. Letztere schieben die ersteren vor sich, doch gelangen sie von selbst nicht bis in die Thornischen, man muss sie mittelst der Winden hineinziehen. — Wenn aber die Schleuse geschlossen werden soll, während noch auf Binnenseite das Wasser viel höher steht, als im Strome, so lässt man die Umläufe und öffnet die Schütze in den Thoren *C*. Wasser verbreitet sich alsdann hinter diesen Thoren (die diesem Zwecke die Thornischen nicht vollständig sperren) bis zu den Thoren *D* und drängen diese zurück, wodurch die ersteren geschlossen werden. Der Grundriss zeigt in den gezogenen Linien die Stellung der Thore, wenn sie geschlossen, in den punktirten, wenn sie geöffnet sind.

Diese Schleuse ist in Bezug auf die Schifffahrt eine Dockschleuse, insofern sie nur aus einem einzelnen Haupte besteht, ein Durchschleusen nur erfolgen kann, wenn der äussere Wasserstand die Höhe des innern erreicht hat. In diesem Falle kann man aber augenscheinlich keinen Wasserdruck zur Bewegung der Thore benutzen, und die Winden, von denen bereits Bede war, sind alsdann zum Öffnen der Thore unentbehrlich. Das spätere Schliessen erfolgt dagegen leicht in der beschriebenen Weise, sobald das äussere Wasser zu sinken anfängt.

Eine andre, zu gleichem Zwecke dienende Anordnung, welche Alewyn herrührt, ist, soviel bekannt, nur einmal, nämlich zu Ter Neuzen zur Ausführung gekommen. In die südliche Richtung der Schelde, der Hund oder die Wester-Schelde genannt, flusst sich bei dem benannten Orte das aus der Gegend von Antwerpen herabkommende Binnenwasser. Dasselbe ist zugleich zur Herstellung eines Schifffahrts-Kanales benutzt, der sich bis in das nördliche Flandern fortsetzt. Vor Ter Neuzen spaltet sich der Kanal in zwei Arme, die das Städtchen auf beiden Seiten umfassen und dicht vor ihrer Mündung in die Schelde sich wieder vereinigen. Ungefähr in der Mitte jedes dieser Arme befindet sich ein erweitertes Bassin, das theils als Hafen, theils auch als Abassin dient. Am untern Ende des westlich belegenen be-

findet sich eine Fächerschleuse, deren Einrichtung später beschrieben werden wird. Das östliche Bassin ist dagegen mit dem untern Theile des Kanales durch die hier in Rede stehende 26 Fuß weite Schleuse verbunden, welche also theils zum Durchzuge der Schiffe als Dockschleuse, theils auch als Spülschleuse dient.

Fig. 351 zeigt die gewählte Anordnung im Grundrisse. Es kommen dabei wieder zwei Paar Schleusenthore, wie bei der Donker-Schleuse vor, die jedoch in gleicher Richtung aufschlagen und unter einander durch Kuppelwände verbunden sind, so dass wieder vor den Thornischen abgeschlossene Räume gebildet werden, die man beliebig mit dem Ober- und Unterwasser in Verbindung setzen und dadurch den erforderlichen Druck zur Oeffnen und Schliessen der Thore darstellen kann. Die mit *B* bezeichnete Seite ist die äussere, oder dem Strome zugekehrt. Die Thore *B* sind von der gewöhnlichen Einrichtung, und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, an Schlagschwellen. Die Thore *C* sind etwas länger, insofern ihre Wendenischen weiter zurückgelegt werden. Sie lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, an ihrer ganzen Länge nach an gewöhnliche Schlagschwellen, so dass diese die Bewegung der Kuppelwände verhindern würden, vielmehr nur an eine einzelne Schlagschwelle, die in der Axe der Schleuse zwischen *E* und *F* liegt. An den Kopf derselben, bei *E*, lehnen sich die Thore *C*, an ihre beiden Seiten aber die Kuppelwände. Letztere sind mittelst Charnieren mit den entsprechenden Thoren beider Paare verbunden, und wenn sie in die Thornischen zurückgeschlagen sind, so nehmen sie die in der Figur mit punktirten Linien angegebene Stellung ein, so dass die Schleuse in ihrer ganzen Weite frei wird.

Die Thore sowohl, als die Kuppelwände müssen den Thorkammerboden ziemlich nahe berühren, damit die dazwischen liegenden Räume sowohl den Stand des Oberwassers, als auch des Unterwassers annehmen. Zur Darstellung dieser Wasserstände dienen an jeder Seite der Schleuse zwei Umläufe. Ausserdem sind die Thore *C* auch noch mit Schützöffnungen und zwar unmittelbar neben den Schlagsäulen versehen, so dass mittelst derselben der Zwischenraum *EF* zwischen den beiden Kuppelwänden mit dem äussern Wasser in Verbindung gesetzt werden kann. Diese Schützöffnungen können beim gewöhnlichen Gebrauche der



Schleuse auch entbehrt werden, wenn man die Thore *C* nicht mittelbar zusammenschlagen lässt, sie vielmehr etwas kürzer macht, so dass sie einander nicht berühren. In dieser Weise hat Alewyn auch in der 1824 zu Brüssel erschienenen kleinen Abhandlung die Schleuse beschrieben, auch stellt sie Brud so dar. In der Ausführung hat sie jedoch die zuerst angegebene und in Fig. 351 dargestellte Anordnung erhalten\*), welche durch die einseitige Unterstützung der Thore *C* auch eine grössere Festigkeit zu bedingen scheint.

Es ergibt sich schon aus vorstehender Beschreibung, dass die Thore *B* in gleicher Weise, wie gewöhnliche Schleusenthore, im hohen Wasserstand von der äussern Seite oder von *A* her zu öffnen. Alewyn giebt an, dass in diesem Falle die rautenförmigen Räume hinter den Kuppelwänden mit dem Aussenwasser in Verbindung gesetzt werden müssen, dass aber die Schleuse auch letzteres geöffnet werden könne, sobald man diese Räume zwischen beiden Thoren gegen das höhere Aussenwasser abschliesst und sie mittelst der andern Umläufe mit dem Binnenwasser in Verbindung setzt. In diesem Falle sind nämlich die Thore *B* dem Drucke ausgesetzt, indem das Wasser zu beiden Seiten derselben in gleicher Höhe steht. Die Thore *C* erleiden dagegen keinen Druck von der äussern Seite, der sie geschlossen hält. Dagegen erleiden aber auch die Kuppelwände *D* denselben Druck, und dadurch wird der Druck auf die Thore *C* aufgehoben. Das äussere Wasser tritt nämlich in den keilförmigen Raum zwischen den Kuppelwänden ein, und drückt diese, da das Wasser in den rautenförmigen Räumen niedriger steht, gegen die Schleusenthore. Wenn daher die Kuppelwände die gehörige Länge haben, überwiegt die Pressung auf sie diejenige, der die Thore ausgesetzt sind, und letztere schlagen zurück, so dass das hohe Aussenwasser eintreten kann. In dieser Beziehung würde die Alewyn'sche Schleuse noch einen Vorzug vor der Donker-Schleuse haben, die wegen hoher Fluthen nicht geöffnet werden kann. Bei der zu Terningen ausgeführten Schleuse findet diese Art der Benutzung aber

\*) Hübhe, Beschreibung einer Schleusen-Construction mit gekuppelten Thoren, in Crelle's Journal für die Baukunst. Elfter Band. S. 365 ff.



nicht statt, indem die Thore sich gegen höheres Aussenwasser nicht öffnen.

Ist dagegen umgekehrt das Aussenwasser (bei *A*) niedriger, als der Wasserstand im Bassin oder auf der Binnenseite, so kann man die Schleuse geschlossen erhalten, sobald man in die keilförmigen Räume das Oberwasser, in den keilförmigen Räumen zwischen beiden Kuppelwänden aber das Unterwasser einlässt. Die Wände werden alsdann an die Schlagschwelle gepresst und zwar mit einem Drucke, der stärker ist, als jener, den die Thore *C* erleiden. Jener Druck verschwindet, sobald man die innern Umläufe schliesst, und die Thore öffnet, wodurch der niedrigere Wasserstand der Schelde in die rautenförmigen Räume tritt. Sobald dieses geschieht, werden weder die Thore *C*, noch die Kuppelwände *D* einen Druck erleiden, aber stellt sich ein solcher gegen die Thore *B* ein, die daher öffnen, und zugleich die andern Thore, sowie auch die Kuppelwände mit sich fortstossen. Dabei wird indessen die Öffnung der Schleuse keineswegs ganz frei, vielmehr bleiben die Thore etwa auf halbem Wege stehn. Mittelst Winden kann man die Thore vollständig zurückziehen, Alewyn hält es jedoch für entbehrlich, indem er vermutet, dass die durch die halbgeöffneten Thore durchströmende Wassermenge das Maximum sei. Die Richtigkeit dieser Annahme mag festgestellt bleiben, zur Vervollständigung der Beschreibung der Thore der Schleuse muss aber noch angeführt werden, dass man nur die äussern Umläufe zu schliessen, und die innern öffnen braucht, um durch den Druck gegen die Kuppelwände die Thore aufs Neue zu schliessen, wenn auch das Binnenniveau bedeutend höher, als das äussere steht.

Vergleicht man diese Anordnung mit der in Fig. 350 gezeigten, so kann man ihr vor der älteren, die von Donker angegeben ist, wohl nicht den Vorzug einräumen. Beide erfordern eine bedeutende Verlängerung der Thore und sonach eine beträchtliche Vergrößerung der Schleusenmauern vergleichungsweise gegen die gewöhnliche Anordnung der Thore. Die längeren Thore, die Donker angegeben hat, sind aber in der Anlage und Unterhaltung weniger kostbar, als die beiden kürzeren Thorpaare mit Einschliessung der Kuppelwände.

Um das Durchbiegen dieser Wände zu verhindern, versah man dieselben mit Sprengewerken, doch konnten sie dadurch selbst gesichert werden, und indem sie an den äussern Enden Thore befestigt waren, so mussten diese noch besonders vor Durchsacken geschützt werden. Alewyn sah sich zu diesem Zweck genöthigt, in jede Thornische noch einen Krahn zu stellen, an die Kuppelwand gehängt wurde. Der Ausleger eines solchen Krahnes ist in der untern Seite der Figur angegeben und bezeichnet. Die Säule des Krahns ist in gleicher Weise, wie die Wendesäule eines Schleusenthores aufgestellt und benutzt, und sonach wird jene Wand in allen Stellungen, die sie annimmt, gleichmässig unterstützt.

Häufiger, als die beiden zuletzt erwähnten Schleusen, hat man die Anordnung der Thore Eingang gefunden, welche der General-Inspector des Wasserstaates J. Blanken Janszoon Jahre 1808 bekannt machte. Er nannte diese Thore nach der Gestalt, die von oben gesehen einige Aehnlichkeit mit einem Fächer zeigt, Wannjerdeuren oder Fächerthore. Bei uns wurde die Erfindung sehr beifällig und mit grossen Erwartungen aufgenommen \*), und obwohl kein deutscher Baumeister davon Gebrauch gemacht hat, so hat man diese Schleusen und Thore in Deutschland ziemlich allgemein nach Blanken benannt.

In den Niederlanden fand die Idee sogleich Anwendung. Im Jahre 1809 wurden zwei kleine Schleusen bei Ysselstein und in der Nähe von Rotterdam versuchsweise mit solchen Thoren versehen. Indem sie brauchbar befunden wurden, folgte bald der Bau anderer, und es mögen in der nächsten Zeit etwa fünf Schleusen dieser Art im Königreiche der Niederlande ausgebaut sein.

Grossentheils sind diese Schleusen, übereinstimmend mit der obigen Angabe von Blanken, nur Dorschleusen, d. h. sie lassen aus einzelnen Schleusenhauptern, und können nur, wenn der äussere Wasserstand mit dem innern übereinstimmt, von ihnen passirt werden. Ausserdem dienen sie noch zur Spülung und zur Entwässerung, indem die Thore auch bei ungleichem

\*) Götther, Beschreibung der Blanken-Schleusen, in Crelle's Archiv für die Baukunst. Berlin 1818. Seite 43.

Drucke sich öffnen und schliessen lassen. In der grossen Schleusen-Anlage, die Wilhelms-Schleuse genannt, welche den Nord-Holländischen Kanal mit dem Y verbindet, brachte indessen nicht Blanken selbst, und zwar in der kleinern Nebenschleuse, die vollständige Kammerschleuse ist, Fächerthore an. Diese kleine Schleuse, nur durch eine starke Mauer von der grössern getrennt, ist 19 Fuss weit. Dasjenige Haupt derselben, welches dem Y zugekehrt ist, hat zwei Paare gewöhnlicher Stemmtbäume, nämlich eines für die Ebbe und eines für die Fluth. In dem andern, nächst dem Kanale belegenen Haupte befindet sich ein Thorpaar, und dieses sind Fächer-Thore; sie schlagen nach der Kanabreite, also wie Ebbethore auf. Aus der folgenden Beschreibung wird sich ergeben, wie sie sowohl zum Durchschleusen der Schiffe, als auch zum Durchlassen grosser Wassermassen benutzt werden können. Letzteres würde namentlich der Fall seyn, wenn most Dürre durchbrechen sollten, und es darauf ankäme, das vorgezogene Wasser, soweit dieses durch blosse Kanalarweiterung möglich ist, wieder zu beseitigen. Dagegen geschieht auch noch so, dass der Kanal bei anhaltender Dürre bis unter den normalen Wasserspiegel herabsinkt, und alsdann wird unmittelbar dieser Fächerthore aus dem Y gespeist. \*)

Ausserhalb der Niederlande sind diese Thore zwar kaum wegs unbekannt geblieben, aber beinahe gar nicht angewendet worden. In Frankreich, England und Amerika besteht, soviel ich in Erfahrung bringen konnte, keine Schleuse dieser Art. In Deutschland ist eine, nämlich in Bremerhaven von Niederländischen Ingenieuren entworfen und in den Jahren 1828 bis 1830 ausgeführt. Indem diese Schleuse sowohl an sich, als für das commercielle Interesse Deutschlands sehr wichtig ist, sie auch in den letzten Beispielen der Anwendung der Fächerthore gehört, so erscheint es angemessen, einige nähere Mittheilungen darüber zu machen, und an der hier gewählten Einrichtung die Wirksamkeit der Fächerthore zu beschreiben.

Die Schleuse bildet den Eingang zu dem ältern Hafen-Bac-

---

\*) Ausführlichere Mittheilungen über den Nordholländischen Kanal und diese Schleuse finden sich in meiner „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. Königsberg 1836. Seite 54 u. f.“

• Dock, welches sich zur Seite des ganzen Städtchens Bremerh hinzieht. In diesem Bassin wird der Wasserstand der Fluth alten. Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser beträgt durchschnittlich  $10\frac{1}{2}$  Fuss Bremisch, oder 9 Fuss 8 Zoll holländisch \*). Der Vorhafen, der zum Theil durch den Geestee gebildet wird, ist sehr starken Verschlämmungen ausgesetzt, da das Fluthwasser, welches über die Watten in die Weser g mit vielen Thontheilchen vermischt ist, die es überall, wo zur Ruhe kommt, also vorzugsweise in den Buchten und ähnlichen Mündungen von Seitenzuflüssen in grosser Masse niedersinkt. Aus diesem Grunde wurde die Anlage einer Spülschleuse nothwendig erachtet, und zwar sollte, um die Einrichtung der besonderer Bassins zu vermeiden, der Hafen oder das Dock als Spül-Bassin benutzt werden. Die Fächerthore fanden sich hier angemessene Anwendung. Die Schleuse unterscheidet sich von sonstigen Dockschleusen nicht nur durch diese Thore, denn sie ist ausserdem auch vollständige Kammerschleuse, und zwei Häupter erhalten. Hierdurch ist offenbar der Vortheil leicht, dass die Zeit, in welcher die Schiffe ein- und auskahn werden können, sich sehr verlängert, was namentlich wegen vielen Lichterfahrzeuge von geringerem Tiefgange wichtig ist. • Die lichte Weite der Schleuse beträgt in der Höhe der halben h 36 Fuss, auf den Böden in den Häuptern dagegen wegen Dossirung der Mauern nur 34 Fuss. Die Kammer zwischen den Häuptern ist 80 Fuss weit, also zur Aufnahme mehrerer kiffe eingerichtet. Jedes Haupt ist mit Fluth- und Ebbethoren kahn, so dass die Schleuse eben sowohl bei höherem Aussenmer, wie bei höherem Binnenwasser zum Durchlassen von kaffen benutzt werden kann. Die äussern Fluththore, die zu kach zum Schutze gegen besonders hohe Fluthen dienen, sind kach höher, als die übrigen Thore, und die Mauern, welche kach an dieselben anschliessen, liegen in der Höhe der Deiche kach 16 Fuss über ordinärer Fluth. Die sonstigen Schleusen kach treten dagegen nur 6 Fuss darüber. Die Entfernung der kachschwellen der Fluththore in beiden Häuptern beträgt 190 n. Die ganze Länge der Schleuse misst 263 Fuss. Die

---

\*) Die folgenden Angaben beziehn sich auf Rheinländisches Maass.



Schlagschwellen der sämtlichen Thore liegen nahe 19 Fuss Bremisch, oder  $17\frac{1}{2}$  Fuss Rheinländisch unter ordinärer Fluth.

Die innern Ebbehthore werden durch die in Rede stehenden Fächerthore gebildet; sie halten nicht nur das hohe Wasser im Hafen zurück, während Schiffe durchgeschleust werden, sondern lassen sich auch in der Zeit, wo das Aussenwasser niedrig steht, öffnen und wieder schliessen, und dienen sonach zur Spülung des Vorhafens, ohne das Dock ganz zu entleeren, oder demselben soviel Wasser zu entziehen, dass die darin befindlichen Schiffe auf den Grund gestellt würden.

Fig. 352 stellt das dem Hafen zugekehrte Haupt der Schleuse im Grundrisse dar, doch muss bemerkt werden, dass die Zeichnung nicht allen Einzelheiten dieser Schleuse entspricht, vielmehr so ungeordnet ist, dass daran zugleich manche Verschiedenheiten der Construction deutlich gemacht werden können. Auf der rechten Seite der Figur, bei *B*, bemerkt man noch einen Theil der erweiterten Schleusenkammer. Der Vor- und der Hauptboden, sowie auch der Mittelboden des Hauptes sind mit rückkehrten Gewölben überspannt, die jedoch mit Radien beschreiben, welche etwas kleiner sind, als die halbe lichte Oeffnung der Schleuse. Sie bilden demnach nicht Halbkreise, sondern je zwei getrennte Quadranten, welche durch horizontale Mauern der Höhe der Schlagschwellen mit einander in Verbindung sind. Diese Anordnung hat wohl nur den Zweck, den darübergehenden Schiffen etwas mehr Spielraum zu lassen, so dass sie noch volle Wassertiefe finden, wenn sie sich auch etwas aus der Mitte der Schleuse entfernen. Die Thorkammern haben hülzerne Böden und eben so bestehen auch die Schlagschwellen aus Holz.

Die Anordnung und Wirksamkeit der Fächerthore ergibt sich aus der Figur. Eines derselben ist geschlossen gezeichnet, das andre geöffnet. Jedes besteht aus zwei Flügeln *C* und zwischen diesen befindet sich noch eine verstreble Wand *E*, nur zur sichern Verbindung jener Flügel dient. Die Flügel sind die eigentlichen Schleusen-, oder in diesem Falle die Ebbehthore. Sie scheinen zwar als solche verkehrt gestellt zu seyn, indem der höhere Wasserstand im Hafen, oder bei *A*, sie von den Schlagschwellen entfernen und öffnen würde, wenn sie gewöhnliche Schleusenthore wären. Die Flügel *D* werden jedoch, so lange



Thore geschlossen bleiben, dem gleichen Wasserdrucke ausgesetzt, sie lehnen sich auch sowohl mit dem untern Rahm an andere Schlagschwellen, als auch mit ihren Schlagsäulen an stehende Ränder der Seitenmauern. Indem diese letzten Flügel bedeutend länger, als die ersten sind, so wirkt auf sie derselbe Wasserdruck kräftiger, und die Thore bleiben geschlossen. Es ist freilich nicht in Abrede zu stellen, dass die Flügel *C* weniger leicht schliessen, als wenn sie in gewöhnlicher Weise gegen einander und zugleich gegen die Schlagschwellen durch den Wasserdruck gepresst würden, aber man darf nicht unbeachtet lassen, dass die Wirksamkeit dieser Thore nur während der Dauer des Vorüberganges von Schiffen in Anspruch genommen wird, und sobald das Durchschleusen aufhört, die Ebbothore des Aussen Hauptbassins in gewöhnlicher Weise eingerichtet sind, den höhern Wasserstand im Hafen zurückhalten.

Die verschiedene Länge der beiden Flügel eines Fächerthores giebt nicht nur Gelegenheit, dasselbe gegen den höheren Wasserdruck geschlossen zu erhalten, sondern man kann vermöge derselben auch durch angemessene Vertheilung des Druckes die Thore beliebig öffnen und wieder schliessen, um die nöthigen Wasserniveaus des Vorhafens zu bewirken. Die Räume *H* zwischen der Flügelmauer der Schleuse und den Flügeln *D* der Thore können nämlich durch Umläufe, sowohl mit dem Binnenwasser, als auch mit dem Aussenwasser in Verbindung gesetzt, und sonach der Wasserstand darin beliebig gehoben oder gesenkt werden. Der Umlauf oder überwölbte Kanal bei *F* setzt diesen Raum mit dem Aussenwasser in Verbindung, der Umlauf *G* dagegen mit der Schleusenkammer. Der letzte Umlauf setzt sich aber, wie die Figur zeigt, nicht unmittelbar an die Schleusenkammer fort, und mündet unmittelbar in den Vorhafen, wodurch das Öffnen der Thore bewirkt werden kann, wenn auch der Wasserstand in der Schleusenkammer so hoch ist, wie im Hafen, der Wasserstand im Vorhafen aber niedriger ist.

Um das Thor trotz eines niedrigeren Wasserstandes in der Schleusenkammer geschlossen zu erhalten, darf man nur das Thor *G* schliessen, und *F* öffnen. Sobald alsdann die Spülung des Thores vollendet ist, werden zunächst die übrigen drei Thorpaare geöffnet, und die Aussen Ebbothore festgestellt, damit sie nicht etwa durch die Strömung gefasst und gewaltsam zugeschlagen werden.

Hierauf schliesst man das Schütz *F* und öffnet *G*. Dadurch wird sich zu beiden Seiten des längeren Flügels *D* ein gleicher Wasserstand, nämlich der äussern ein, und der gegen diesen Flügels bisher ausgeübte Druck hört auf. Der Druck des Binnengewässers auf den Flügel *C* bleibt daher allein wirksam, und das Thor wird zurückgedreht. Will man endlich die Spülung unterbreiten, so ist nur nöthig, die Schütze *F* und *G* wieder in ihre frühere Stellung zu bringen, wodurch der Druck gegen den längeren Flügel hergestellt, und dadurch das Thor geschlossen wird.

Der wichtigste Theil in der Zusammensetzung dieser Schleusen sind die Fächer-Thore, ich mache daher mit ihrer Beschreibung den Anfang. Die beiden mit einander verbundenen Flügel sind zugleich mit der nicht bekleideten Zwischenwand einer gemeinschaftlichen Wendesäule befestigt. Fig. 35 zeigt dieselbe in grösserem Maassstabe. Sie ist aus einem eichenen Balken von 22 und 26 Zoll Stärke geschnitten. An dem Ende, der in der flachen Wendenscheibe ruht, ist sie cylindrisch gefeilt, und an diese Cylinderfläche schliessen sich tangential die äussern mit Bohlen bekleideten Flächen der beiden Thorflügel an. Dieselben schliessen einen Winkel von etwa 75 Graden ein. Die Rahme und Riegel der beiden Flügel sind nach der in Holzschleusen üblichen Weise in die Wendesäule verzapft, und greifen überdies darin noch mit Brüstungen ein. Zu diesem Zwecke muss die Wendesäule mit drei Anschlussflächen versehen werden, von denen jedoch die eine, nämlich diejenige, welche sich an den längeren Flügel *D* anschliesst, nicht senkrecht gegen die Richtung desselben, sondern schräge gehalten ist, um das zur Wendesäule stimmte Holzstück nicht zu sehr zu schwächen. Die Wendesäule ist ausserdem sowohl oben als unten mit cylindrischen Zapfen versehen, auf welche abgedrehte, metallne Ringe und Büchsen gesetzt sind (Fig. 316).

Die vordern und hintern Flügel der Fächerthore unterbreiten sich, wenn man von ihrer Verbindung mit einer gemeinschaftlichen Wendesäule absieht, in nichts von den gewöhnlichen Schleusenthoren. Ihre Länge ist, wie bereits erwähnt, nicht gleich, vielmehr die des hintern Flügels grösser. Gemeinlich verhalten sich ihre Längen wie 5 zu 6. Auch ihre Höhen sind verschieden, wiewohl die obere Rahme, so wie auch die sämmtlichen

Beider gleich hoch liegen. Der hintere Flügel reicht nämlich etwa 6 Zoll tiefer herab, als der vordere *C*. Dieses begründet sich dadurch, dass letzterer über diejenige Schlagschwelle fort sich bewegen muss, welche die Fächerkammer begrenzt und an der Flügel *D* sich lehnen soll. Für diese Bewegung ist bei unvermeidlichen Formveränderungen mindestens ein Spielraum 2 Zoll erforderlich, und geringer als 4 Zoll darf man die des Anschlages auch nicht füglich annehmen.

Die Eisenbeschläge, welche bei diesen Flügeln die Verankerung der Rahmen und Riegel mit der Wendesäule darstellen, sind wesentlich verschieden von denen bei gewöhnlichen Schleusenthoren. Eckbänder können nur auf den äussern Flächen anbracht werden, und die Bügel, welche die Wendesäule umfassen, treffen hier nicht mehr auf die gegenüberstehenden Seiten des Riegel und Rahme. Man pflegt bei den Fächerthoren ihrer Grösse zwei bis drei starke Bügel anzubringen, die die obere Rahme und die obere Riegel beider Flügel und an deren äussern Flächen befestigt sind, und die Wendesäule umfassen. An den untern Riegeln und dem untern Rahmen sind Eckbänder, und zwar auswärts angebracht. Die benannten Beschläge müssen selbstredend in die Holzflächen eingelassen sein, dürfen zum Theil auch nicht mit vortretenden Bolzenköpfen versehen sein. Auf den innern Seiten bringt man überall, auswärts der Beschlag liegt, eine Art von Bügel an, der sich an dem Riegel des einen Thores neben der Wendesäule vorbei an dem entsprechenden des andern Thores hinzieht. Gegen die Wendesäule wird er mit einem oder zwei mit Widerhaken versehenen Spitzbolzen befestigt, während die Schraubenbolzen, welche den äussern Beschlag halten, auch durch ihn hindurchgehen, und mit einer Schraubenmutter daran befestigt sind. Nach dieser Figur könnte es scheinen, dass das Einziehen und Befestigen der Bolzen wegen des durch die Zwischenwand sehr beschränkten Raumes grosse Schwierigkeiten veranlassen möchte und vielleicht ganz unmöglich wäre; die Schwierigkeit wird aber umgangen, indem man die ganze Zwischenwand nicht früher einsetzt, als die Flügel vollständig verbunden, befestigt und bekleidet sind.

Die Art der Bekleidung der Flügel mit Bohlen stimmt mit der oben beschriebenen, bei Niederländischen Schleusen sonst überein. *Nagel, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.*

üblichen, genau überein. Der einfache Bohlenbelag wird in die Richtung der Streben aufgebracht und in Falze der beiden Streben und der beiden Rahme eingelassen. Die Streben, deren bei Fächerthoren gewöhnlich zwei oder drei in jedem Flügel angebracht sind, bilden in der äussern Fläche selbst einen Theil der Bekleidung, und die nächsten Bohlen stossen nur stumpf dagegen. Allgemein befindet sich bei allen Schleusenthoren, so wie auch bei jeder ähnlichen Verbindung die Bekleidung oder der Belag an derjenigen Seite, die dem Wasserdrucke ausgesetzt ist. An der andern Seite angebracht, würden die Bohlen sich nicht gegen die Riegel lehnen, also nur noch durch die Nägel gehalten werden. Sobald also diese nachgeben, verliert der Belag seine Unterstützung und wird herausgestossen. Hiernach würde im vorliegenden Falle der kürzere Flügel *C* in der äussern Fläche der längere Flügel *D* dagegen in beiden Flächen bekleidet werden müssen, weil dieser bei dem beschriebenen Gebrauche des Fächerthores zuweilen von der einen und zuweilen von der andern Seite dem Drucke ausgesetzt ist. In manchen Fällen kommt es auch vor, dass die Flügel *C* oder die eigentlichen Schleusenthore nicht nur als Ebbe-Thore wirksam sind, sondern zu Zeiten auch die Stelle der Fluththore versehn müssen. Alsdann werden auch diese Flügel von beiden Seiten verkleidet, was bei den längern fast jedesmal geschieht. Eine solche zweifache Bekleidung vertheuert nicht nur ansehnlich die Anlage, sondern führt noch den höchst nachtheiligen Uebelstand herbei, dass durch die unvermeidlich kleinen Fugen, die abgeschlossnen Räume zwischen den Riegeln, die innerhalb der Höhe des Wasserwechsels liegen, jeder Fluth mit trübem Wasser angefüllt werden, welches während der Ebbe wieder rein abfließt. Auf diese Weise füllen sich die Räume mit dem Niederschlage an, und die Thore werden durch so sehr belastet, dass dem Versacken, welches gerade bei den Fächerthoren wegen des geringen zulässigen Spielraumes höchst schädlich ist, nicht mehr vorgebeugt werden kann. verdient kaum erwähnt zu werden, dass dieser Uebelstand bei einfacher Bekleidung nur in geringem Maasse eintritt, und dass ihn auch durch Fegen der Riegel jederzeit leicht beseitigen kann. Dieses ist der Grund, weshalb man bei einigen wenigen Fächerthorschleusen, namentlich in derjenigen bei Ter Neuzen die zwei

leidung selbst an dem längern Flügel fortgelassen hat. Man indessen dort eine besondere Vorsicht zur Befestigung der leidung angewendet, und über dieselbe bei jedem Rahm oder gel eine breite und starke eiserne Schiene gelegt, die wieder der Mitte jeder Bohle durch einen Schraubenbolzen an den gel befestigt wurde.

Die beiden Flügel eines Fächerthores können in der beschriebenen Weise eben so sicher, wie andre Schleusenthore gegen Veränderungen und sonstige Beschädigungen geschützt werden. dieselben tritt aber noch die Bedingung hinzu, dass auch eine gegenseitige Verbindung und ihr Abstand von einander vollständig gesichert werde und keine Veränderung darin eintrete. ergibt sich augenscheinlich, dass die Verzapfung in die gesellschaftliche Wendesäule, so wie auch die zu diesem Zwecke gebrachten Bügel und Eckbänder keine hinreichende Verbindung der beiden Flügel darstellen. Eine solche innige und dauernde Bindung, welche keine Aenderung des gegenseitigen Abstandes der im Ganzen, noch an einzelnen Theilen gestattet, ist aber irgend nothwendig, indem beide Flügel, sobald die Schleuse geschlossen wird, sich wasserdicht an ihre Schlagschwellen lehnen müssen, während nur ein Flügel durch den Wasserdruck dagegen presst, der andere aber durch denselben Druck zurückgedrängt ist. Auch muss einem Mangel an Steifigkeit des einzelnen Riegels insofern vorgebeugt werden, dass nicht etwa die Schlagstange der eigentlichen Schleusenthore am obern Theile durch den Wasserdruck zurückgedrängt und von einander entfernt werden. Eine solche Verbindung darzustellen, werden die beiden Flügel eines Fächerthores durch Zwischenriegel oder Gordunnen mit einander verbunden. Man wählt dazu gewöhnlich krumm gewachsene Holzstücke, wie die Figur auch solche zeigt, zuweilen findet man statt derselben auch gerade Hölzer an. Letztere sind allerdings insofern vorzuziehen, als sie unter starkem Drucke nicht leicht durchbiegen, dagegen ist es aber auch nicht zu verkennen, dass ihre Verbindung mit den Riegeln des Thores, die in dem schwalbenschwanzförmigen Kamme besteht, dauerhafter ist, wenn die Holzfasern sich nahe unter einem rechten Winkel kreuzen. Wenn die Verbandstücke sehr schräge einander trafen, würde das Abspalten der Thorriegel zu besorgen sein. Ausser dem



Kamme wird die Verbindung in jeder Kreuzung noch durch hindurchgezogenen Schraubenholzen dargestellt. Es ergiebt aber, dass theils zur Vereinfachung der Construction, und mehr zur vollständigen Aufhebung des horizontal wirkenden Serdruckes diese Gordungen horizontal angebracht, oder der verbindenden Riegel beider Flügel in gleicher Höhe sich befinden müssen. Man kann diese Bedingung auch in Betreff der Rahme noch erreichen, wenn man denjenigen, der sich im *C* befindet, aus recht hochkantigem Holze ausschneidet, so seine obere Fläche mit der Höhe des Rahms im Flügel *D* einstimmt.

Diese Gordungen werden zunächst an die äussern Enden der Rahme und Riegel, also in die Nähe der Schlagsäulen angebracht. Auf jeden der beiden Rahme eines Thorflügels, so wie auf jeden der beiden Riegel, trifft eine solche Gordung. Indem aber die Gefälle beim Durchbiegen der Schleusenthore bei deren verschiedenen Stufen in grösserer Höhe auch grösser wird, so geschieht es nicht selten, dass man auf die obere Rahme und die oberen Riegel zwar in der Nähe ihrer äussern Enden doppelte Gordungen bringt, und zwar alsdann neben den bogenförmigen noch gerade. Die Figur stellt diese Anordnung dar. Ausserdem muss auch durch ähnliche Verbindungen auch dem Durchbiegen der Thore vorgebeugt werden, daher trifft eine zweite Reihe von Gordungen auf die in gleicher Weise aufgebracht und befestigt sind, die auf jedes Rahm und jedes Riegels. Bei einzelnen, besonders bei Fächerthoren, hat man sogar drei Reihen von Gordungen angebracht.

Damit diese Gordungen ihren Zweck vollständig erreichen müssen sie aus starkem Holze bestehen, gemeinhin wählt man dazu Stücke von 12 Zoll im Gevierten. Dieselben würden, wenn sie ohne weitere Unterstützung angebracht wären, und wenn sie auf den Riegeln der Thorflügel ruhten, dieselben überlasten, und leicht das Durchsacken der Thore verursachen. Um dieses zu verhüten, unterstützt man sie durch eine besondere Zwischenwand *E*. Dieselbe ist bei Anwendung kleinerer Gordungen auch schon zur Verhinderung des Kantens nothwendig. Die Gordungen würden ohne dieses sich um ihre beiden Enden drehen, und dabei ihre Verbindung lösen. In einem Falle,

In den Fächerthoren der Schleuse bei Ter Neuzen hat man nur zwei dergleichen Zwischenwände angebracht.

Die Construction der Zwischenwände ist bei der wesentlichen Verschiedenheit ihres Zwerkes auch von der der Schleusenthore abweichend, dazu kommt noch, dass eine Verbindung mit Wendesäule durch Bügel oder Bänder wegen Mangel an Raum gar nicht angebracht werden kann. Man muss auch zur Festigung der Rahme und Riegel dieser Wand an die Wendesäule eine Verbindungsart wählen, die sich noch darstellen lässt, wenn schon die beiden Flügel des Thores vollständig zusammen gesetzt sind. Aus diesem Grunde lässt man die Rahme und Riegel dieser Wand mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen in die Wendesäule eingreifen, und sichert sie durch scharf eingetriebene Eiserne Keile, wie Fig. 354 zeigt. In der Nähe ihrer äusseren Enden werden diese Rahme und Riegel durch einen zur Seite der Thorkammern und mittelst Schraubenbolzen daran befestigten Stiel verbunden. Dieser Stiel wird durch eine Strebe unterstützt, die sowohl in ihn als auch in die Wendesäule mit Zapfen und Verankerung eingreift, und ausserdem mit den Riegeln durch Bolzen verbunden ist. In den Figuren 352 und 354 ist eine etwas veränderte Anordnung dargestellt, die auch bei der Schleuse im Amsterhaven gewählt ist, und ohne Zweifel vor der eben beschriebenen den Vorzug verdient. Statt des einen Stieles sind nämlich hier zwei angebracht, die wie Zangen die sämmtlichen Riegel umfassen. Sie werden aber, was besonders wichtig ist, durch zwei Stützen unterstützt, die zu beiden Seiten der Riegel einander gegenüber stehen, und gleichfalls durch Schraubenbolzen verbunden sind. Zu bemerken ist dabei noch, dass diese Streben, deren freie Enden zwischen die untern Riegel der beiden Thorflügel liegen, nicht allein in die für die Zwischenwand bestimmte Fläche der Wendesäule eingreifen, sondern zu beiden Seiten noch etwas über hinaustreten, und in den Kreuzungen mit den Riegeln der Zwischenwand möglichst wenig geschwächt, vielmehr die letzteren eingeschnitten sind, was ohne Gefährdung der Sicherheit auch geschehn konnte.

Die Riegel der Zwischenwand unterstützen unmittelbar die Thorkammern. Die Darstellung einer recht innigen Verbindung zwischen beiden ist zwecklos, da ein Verschieben zur Seite hier nicht

## 310 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen

denkbar ist, auch kaum die Steifigkeit dieser Wand einem zu begegnen könnte. Aus diesem Grunde liegen die Gordungen diesen Riegeln nur stumpf auf, oder sind aussersten Falles nur ganz flach darin verkämmt. Jedenfalls ist aber jedesmal Schraubenbolzen hindurchgezogen. Die Verbindung der Gorgen mit den Rahmen und Riegeln der Thorflügel muss da möglichst innig sein, und deshalb greift hier die Verkämmung einige Zolle tiefer ein. Dadurch erreicht man den Vortheil, die Riegel der Zwischenwand nicht mit denen der Thorflügel gleicher Höhe liegen dürfen, und dieser Umstand bietet wieder Gelegenheit, jene oben beschriebenen Bügel, welche beide Flügel an den innern Seiten verbinden, so anzubringen, dass das Einsetzen der Riegel der Zwischenwand in die Wände nicht hindern.

Endlich muss bei Beschreibung der Fächerthore noch Nehentheiles derselben Erwähnung geschehn, wenn er auch sehr selten Anwendung gefunden hat. Bei Benutzung dieser zur Darstellung einer kräftigen Spülung, öffnen sie sich keineswegs vollständig, oder treten ganz in die Fächerkanäle zurück, vielmehr bleiben sie in ähnlicher Weise, wie die der Alewynschen Schleuse halb geöffnet stehn, und man kann sogar auch mittelst der Winden nicht zurückziehn, da der des strömenden Wassers überwiegend ist. Eine solche Stellung der Flügel verursacht sehr unregelmässige Bewegungen des Wassers, denen man durch das Spiel der Schützen, die bald bald weniger geöffnet werden, so wie durch die Winden, die mittelbar die Thore halten sollen, möglichst zu begegnen. Nichts desto weniger nehmen die Thore doch oft plötzlich bedenkliche Bewegungen an, die besonders, wie man meint, das Einfallen des Stromes in den Zwischenraum zwischen äussere und innere Thor veranlasst werden. Um diesem zu begegnen, hat man zuweilen diesen Zwischenraum durch eine doppelte Bohlenwand geschlossen, die man in den Niederlanden Strichschott nennt. Die vordere Reihe der Gordungen bietet eine gute Gelegenheit zur Anbringung solcher Wand dar, obgleich aber wirklich dem Hin- und Herschlagen der Thore vorgewunden, dürfte wohl zweifelhaft sein. Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass solche Wände den innern

haben den Flügel keineswegs wasserdicht abschliessen, also gewöhnliche Benutzungsart der Thore, oder die Darstellung zu ihrer Bewegung erforderlichen Wasserstände auch nicht entrichtigen.

Der längere Flügel jedes Fächerthores bewegt sich in einem Raume zur Seite der Schleuse, der durch eine cylindrische Mauer begrenzt wird. Dieser Raum ist in vorstehender Beschreibung schon mit dem Namen der Fächer-Kammer bezeichnet, die Holländischen Baumeister nennen ihn Waaijer-Kas. Der Raum dieser Kammer besteht eben so, wie der der ganzen Schleuse, aus einer Ausnahme der neben den Thorkammern angebrachten vertikalen Bogen, aus Holz. Die ganze Anordnung desselben ist wesentlich verschieden von der in Fig. 277 Taf. LXII dargestellten. Auch die Fächerkammer wird durch doppelte Quermauern überspannt, und ein Unterschied gegen die oben beschriebene Construction des hölzernen Kammerbodens findet in diesem nur insofern statt, als die Pfannenträger oder Kompartimente eine grössere Länge und Höhe haben, indem sie zugleich Schlagschwellen für die Fächerthore dienen, wenn kürzeren Flügel oder die eigentlichen Schleusenthore geschlossen sind. Sie ragen deshalb über den Schleusenboden 6 Zoll hoch und erstrecken sich über die ganze Länge der Fächerkammer. In Fig. 352 bemerkt man dieselben, namentlich ist der eine der untern Hälfte dieser Figur deutlich wahrzunehmen, wo das Thor als geöffnet dargestellt ist. Am hintern Ende der Fächerkammer wird eine ähnliche Schwelle zur Schliessung des Spielraumes bei geöffnetem Thore nicht angebracht. Sie ist selbst auch überflüssig, weil das Thor, wie schoner wähnt, beim Öffnen doch nicht soweit zurückschlägt, und beim Durchschleusen der Schiffe der Druck zum Schliessen der Thore sich in hinreichender Grösse darstellt, wenn auch durch diesen freien Zwischenraum etwas Wasser abfliesst.

Die cylindrisch geformte Umschliessungsmauer der Fächerkammer erfordert eine besonders sorgfältige Ausführung, der Spielraum zwischen derselben und der Schlagsäule des Thors möglichst klein bleiben muss, damit bei jeder Bewegung des Thores die zu dessen Bewegung und Unterstützung erforderlichen Wasserstände sich wirklich darstellen, und nicht

etwa soviel Wasser neben und unter dem Thorflügel abfließen, so zu beiden Seiten nahe dasselbe Niveau eintritt. Andererseits aber jedenfalls auch eine Berührung des Thores mit dieser Mauer vermieden werden, wodurch die leichte Beweglichkeit des Thores aufgehoben würde. Man pflegt zu diesem Zwecke den freien Zwischenraum  $1\frac{1}{2}$  Zoll weit zu machen, während derselbe unter dem Thore, also zwischen dem hölzernen Boden und dem unteren Rande des Flügels wegen des möglichen Durchsackens des Thores etwas grösser, nämlich zu 2 Zoll angenommen wird.

Die Pfanne für die Wendeskule lässt man schon vor der Ausführung der Mauern der Fächerkammer in den Pfannenstrich ein, und stellt einen mit passendem Zapfen versehenen beweglichen Stiel hinein, der durch eine feste Verstrebung auch durch ein Halsband gefasst wird, also dieselben Bewegungen, wie später die Wendeskule machen kann. An diesem Stiel, der seiner ganzen Länge regelmässig bearbeitet sein muss, bohrt man einen Arm, der also den Radius der innern cylindrischen Fläche darstellt, und als Chablone beim Mauern dient. Der Stiel kann aber, wie die Mauer höher wird, auch gehoben werden, so dass dabei seinen Abstand von der Drehungsaxe zu verändern. Er wird bei jedem einzelnen Steine, den man vorsetzt, vor denselben gehoben, und der Stein so nahe daran gelegt, dass er ihn oben berührt. Sein Kopf ist mit Eisen beschlagen, damit er nicht abnutzt. Diese Mauer wird aus gebrannten Steinen ausgeführt, sie ist aber oben mit einer Schicht Werksteine überdeckt, die an der innern Seite nach derselben Krümmung bearbeitet ist und mit Hilfe der erwähnten Chablone gleichfalls sorgfältig gesetzt werden. Der am äussern Ende dieser cylindrischen Mauer stehende Pfeiler, der den Anschlag für den längern Flügel bildet, und der einen wasserdichten Schluss darstellen muss, ist dagegen ganz aus Werksteinen ausgeführt, die in das Ziegelmauerwerk gehörig einbinden. Um den wasserdichten Schluss möglichst vollständig zu bilden, wird zuweilen eine Feder von neuem Holze an die Schlagaxe befestigt, die den Unebenheiten des Steins sich besser anschliesst und sobald sie schadhaft wird leicht durch eine neue ersetzt werden kann. In ähnlicher Weise ist die Mauer auch gegen das hintere Ende der Fächerkammer zu bauen. Dieser Vorsprung hat indessen nur den Zweck, das



die Zurückschlagen des Thores zu verhindern, auf wasserdichten Abschluss kommt es bei demselben nicht an, und er wird hier nicht anders, als der übrige Theil der Mauer behandelt.

Die Wendenischen unterscheiden sich von denjenigen der gewöhnlichen Schleusenthore wesentlich dadurch, dass sie sehr niedrig sind. Ihre Tiefe beschränkt sich in der That auf wenige Füsse, und man kann sie nicht tiefer machen, als einerseits der kürzere Flügel, wenn er geschlossen, und andrerseits der längere Flügel, wenn das Thor geöffnet ist, dieses gestatten. Innerhalb dieser Grenzen wird die Wendenische cylindrisch und zwar mit sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln zur Bildung einer recht regelmässigen Fläche ausgeführt. Sie liegt ihrer ganzen Länge nach in den Werksteinen, durch welche diese scharf abstechende Ecke der Mauer gebildet wird. Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass in dem Falle, wenn das Oberthor geschlossen ist, und einen höhern Wasserstand zurückhält, eine gewisse Undichtigkeit der Wendenische ohne Nachtheil ist, indem kein Durchströmen verursacht, indem vor beiden Flügeln, also auf beiden Seiten der Wendenische der Wasserstand derselbe ist.

Die Umläufe müssen hinreichende Höhe und Breite haben, damit sie bedeutende Wassermassen der Fächerkammer schnell abführen, oder daraus entfernen. Sie zieht sich der Länge nach durch die beiderseitigen Schleusenmauern hindurch, und damit sie nicht zu sehr schwächen, gibt man ihnen eine viel grössere Höhe, als Breite. Der Umlauf *F*, der die Verbindung mit dem Aussenwasser darstellt, mündet jederzeit etwa in der Mitte der linken Mauer, welche die Fächerkammer abschliesst. Dagegen mündet sich meistens auch die Mündung des zweiten Umlaufs in derselben Mauer unmittelbar daneben. Angemessener erscheint die in der Figur dargestellte Anordnung, wobei der zweite Umlauf bedeutend abgekürzt und ausserdem auch eine Biegung derselben vermieden wird.

Das Halsband, womit man die Wendensäule eines Fächerthores fasst, kann nicht die sonst übliche Verankerung mittelst zweier divergirenden Arme erhalten, indem es in einer vortretenden Mauerecke sich befindet. Es hat gewöhnlich die in Fig. 1 auf Taf. LXVIII dargestellte und schon oben §. 106 beschriebene Einrichtung. Man giebt demselben aber jedesmal eine

nehr kräftige Unterstützung, indem man über das Äussere der Fächerkammer und zwar in die Richtung der Schleusen einen starken Balken legt, den Fig. 352 in der obern Hälfte Derselbe trifft über den Kopf der Wendesäule, und ist auf der untern Seite mit einer durch Versatzung und Schrauben daran befestigten Kragge versehen, die sich sehr scharf gegen den vorderen Theil des Halsbandes lehnt. Eine ähnliche Kragge findet sich an der andern Seite und stemmt gegen die Seitenmauer.

Der eigentliche Zweck dieses Balkens ist die Ueberbrückung der Fächerkammer. Wenn dieselbe offen bliebe, so würde sie den Verkehr auf der Schleusenmauer, und sonach auch hier aus den durchgehenden Schiffen zu leistende Hülfe in hohem Grade behindern. Fig. 352 zeigt in dem obern Theile die gewöhnliche Zusammensetzung dieser Ueberbrückung. Sie ist in die Schleusenmauer versenkt, so dass sie mit der Oberseite derselben in einer Ebene liegt. Zu diesem Zwecke sind sämmtlichen Decksteine, welche die Fächerkammer umgeben, Falzen von angemessener Weite und Tiefe versehen, worin die Balkenstücke der Brücke liegen.

Neben der cylindrischen Mauer befinden sich in der Länge mehrere Klappen. Diese dienen vorzugsweise zum Durchziehen der Tane, mittelst deren man die Bewegung der Fächerthore unterstützt, sie auch ganz zurückzieht, falls Schiffe hindurchgehen sollen. Zu diesem Zwecke sind an den Köpfen der Schlagbühgel angebracht, in welche man die Tane einknüpft und sie werden mittelst Erdwinden so oft es nöthig ist, angezogen. Indem jedoch kein Raum vorhanden ist zur Aufstellung der Erdwinde, welche unmittelbar das Thor schliessen könnte, so spannt man an dem bereits erwähnten Balken, der die Thorkammer am Ende überspannt, eine Scheibe befestigt, und indem man die Schlagsäule des längern Flügels befestigte Tau überzieht, so kann eine weiter zurückgestellte Erdwinde auch zum Schliessen des Thores benutzt werden.

Einige allgemeine Bemerkungen über die Leistungen der Fächerthore müssen dieser Beschreibung noch zugefügt werden, da das Manöver keineswegs so einfach und sicher ist, als man glauben möchte. Es handelt sich hierbei vorzugsweise

nützung der Schleuse zum Spülen, denn wenn es nur dar-  
 ankomm, Schiffe hindurchzulassen, so ist die Strömung nie-  
 besonders heftig, und man kann mittelst der beschriebenen  
 Winden die Thore immer leicht in die beabsichtigte Lage brin-  
 gen. Bei der Spülung dagegen öffnen sich die Thore, sobald  
 das gehöriges Einstellen der Schütze in den Umläufen der nö-  
 thigen Wasserdruck wirksam ist, jedenfalls sehr sicher, sie schla-  
 gen aber keineswegs ganz zurück, bleiben vielmehr auf halbem  
 Wege stehn, und bewegen sich nunmehr fortwährend hin und her,  
 zum theils der heftige Strom schon an sich dergleichen Schwan-  
 gen annimmt, diese aber ohne Zweifel durch die verschiedene  
 stets wechselnde Stellung der Thore noch in hohem Grade  
 verstärkt werden. Der Grund, weshalb die Thore sich nicht ganz  
 zurückwerfen, liegt sehr nahe. Sie würden vollständig zurückschlagen,  
 während der Durchströmung der Druck noch in gleicher  
 Stärke stattfände, wie im Augenblicke, wo die Thore sich öffnen.  
 Um das zu vermeiden wird zu beiden Seiten des längern Flügels der äussere  
 ein niedrigerer Wasserstand dargestellt, so dass hier gleicher Druck,  
 keine Veranlassung zur Bewegung oder zur Hemmung der-  
 selben besteht. Der kürzere Flügel ist dagegen dem vollen Drucke  
 ausgesetzt. Letzterer mindert sich aber bei der Oeffnung des Thores, indem das hin-  
 durchströmende Wasser eines Theils hier ein starkes Gefälle an-  
 nimmt, also nicht mehr in der ganzen Länge des Flügels den  
 vollen hohen Stand behält, andererseits aber entspricht der Druck,  
 den es ausübt, selbst dieser geringeren Höhe nicht mehr, und  
 hört ganz aufhören, wenn die volle Geschwindigkeit, der Niveau-  
 Differenz entsprechend, einträte. Die Erfahrung, dass die Thore  
 von selbst wieder etwas schliessen, wenn man sie gewaltsam  
 zurückzuziehen versucht, beweist sogar, dass in entgegengesetzter  
 Richtung ein überwiegender Druck vorhanden ist, der zum Theil  
 durch die wirbelnde Bewegung des zwischen die Thore fallenden  
 Wassers veranlasst wird, grossentheils aber wohl seinen Grund  
 darin hat, dass an der hintern Seite des kürzern Flügels sich  
 ein höherer Wasserstand bildet, der, wenn er auch an allen  
 Stellen unter dem Niveau des Stromes in der Schleuse bleibt,  
 wegen der Geschwindigkeit und der daraus entspringenden  
 Verminderung des Druckes der letztern, diesem das Gleichgewicht

hält, und ein weiteres Zurückgehn der Thore verhindert. Der Umstand ist indessen, wenn dadurch auch allerdings der Effekt der Spülung etwas verringert wird, an sich von wenig Bedenken. Viel bedenklicher ist aber das Hin- und Herschwanken der Thore, die oft in so heftige Bewegung versetzt werden, dass man zu sorgen muss, sie möchten sich vollständig schliessen oder zurückzuschlagen. Bei ihrer grossen Masse und bei der keineswegs sehr festen Verbindung und Aufstellung würden sie sehr wohl sogleich zerschmettert werden, falls sie vollständig oder zurückgeschlagen werden sollten. Um dieses zu verhindern wendet man die möglichste Vorsicht an, jede bedenkliche Bewegung, die sie annehmen, sogleich zu unterbrechen. Die Erdwinden, die mit hinreichender Mannschaft besetzt und fortwährend zur Unterstützung der Thore hin- und hergedreht werden, allein hierzu nicht genügend, da ihre Wirksamkeit keineswegs dem Stosse des Wassers gegen die Thore entspricht. Wollte man aber die Tause fest binden, und dadurch die Bewegungen hemmen, so würden sie sogleich der Gefahr des Zerreisens, und die Thore selbst noch grössern noch die Thore selbst ausgesetzt werden. Das Mittel, wodurch man diesen Schwankungen begegnet, und ihre gar zu weite Ausdehnung aufheben kann, beruht allein auf dem Herab- und Herablassen der Schütze in den Umläufen. Dieses ist freilich nicht von augenblicklicher Wirkung, aber es unterbricht doch schnell genug die Bewegung, um ein Gegenstossen zu verhindern. Es müssen demnach nicht nur die erwähnten Erdwinden, sondern auch die Winden an allen Schützen besetzt werden, und die Bewegungen, welche die Thore machen, muss man durch augenblickliches Entgegenwirken auf diese Weise aufzuheben bemühen.

Es ist nicht bekannt geworden, dass während solcher Spülungen wie bedenklich sie auch erscheint, jemals ein Fächerthor zerbrochen wäre. Dieses rührt aber wohl vorzugsweise davon her, dass wenigstens grössere Thore dieser Art nie bei bedeutender Niveau-Differenz benutzt werden. Gewöhnliche Spülthore werden freilich zur Zeit der niedrigsten Ebbe geöffnet, und alsdann die Wirkung des hindurchsturzenden Wassers eben wegen starken Gefalles und der heftigen Strömung am grössten. Für diese Thore darf man dagegen aus dem angeführten Grunde nur öfters

das Aussenwasser erst wenig gesunken ist, und die Niveau-  
 nur etwa 3 Fuss beträgt. Alsdann ist aber der Vor-  
 noch mit dem Aussenwasser grossentheils angefüllt, daher  
 die mässige, aus der Schleuse stürzende Wassermenge in  
 grossen Profile dieses Hafens keine bedeutende Geschwindig-  
 zeugen, und der Effect bleibt weit unter demjenigen, den  
 sonst erreicht.

Die Aufgabe, eine Schiffsschleuse so einzurichten, dass sie  
 als Spülschleuse benutzt werden kann, ist hiernach durch  
 Schliessschleuse keineswegs ganz befriedigend gelöst, und  
 liegt wohl der Grund, weshalb diese Erfindung ausserhalb  
 Niederlande beinahe gar nicht Eingang gefunden hat. Dazu  
 noch, dass das Dock, wenn es als Spülbassin benutzt  
 ist, aufs Neue gefüllt werden muss, und da dieses nur  
 aus dem trüben Fluthwassers geschehn kann, so verschlammt  
 das Dock bald eben so, wie jedes Spülbassin. Seine Vertiefung  
 aber sowohl wegen der darin befindlichen Schiffe, als auch  
 aus dem höheren Wasserstandes, der hier stets gehalten werden  
 muss, viel beschwerlicher und kostbarer, als wenn einem beson-  
 neren Spülbassin, das bei niedrigen Ebben ganz trocken gelegt  
 werden kann, durch Ausgraben die ursprüngliche Tiefe wieder  
 gegeben wird. Die ganze Aufgabe ist hiernach von weit geringerer  
 Wichtigkeit, als sie auf den ersten Blick zu sein scheint.

### §. 112.

#### **Schiffsschleusen mit Seitenbassins.**

Diejenigen Schiffsschleusen, welche neben einem Wehre zur  
 eines grössern Flusses oder eines Stromes liegen, bedürfen  
 einer besondern Vorrichtungen, um den Wasserverbrauch beim  
 Durchschleusen der Schiffe auf das möglichst geringste Maass zu  
 zu beschränken. Selbst bei anhaltender Dürre, wenn der Wasser-  
 stand des Flusses stark herabsinkt, bleibt seine Reichhaltigkeit  
 richtungsweise zu derjenigen Wassermenge, die zum Füllen  
 der Schleuse verbraucht wird, so überwiegend gross, dass keine  
 Ablassung vorhanden ist, letztere noch zu vermindern. Anders  
 ist es sich dagegen mit Schiffahrts-Kanälen, die durch be-  
 sondere Wasserleitungen gespeist werden, und wo die disponible



Wassermenge oft so beschränkt ist, dass sie für die Jahreszeit nicht ausreicht und die Schifffahrt alsdann ganz gebrochen werden muss. Bei Gelegenheit der Beschreibung der Schifffahrts-Kanäle wird über die verschiedenen Ursachen der Verminderung des Wasserstandes in denselben die Rede sein, besonderer Bedeutung ist unter diesen aber, und zwar vornehmlich bei Kanälen, die stark benutzt werden, der Verbrauch durch das Durchschleusen der Schiffe. Hieraus erklärt es sich, dass vielfache und zum Theil auch sehr sinnreiche Vorschläge gemacht wurden, diesen Verbrauch zu ermässigen. Einige derselben sind auch in der That zur Ausführung gekommen und haben sehr zufriedenstellende Resultate gegeben, während andre bisher zu grossen Schwierigkeiten zu bieten schienen, als dass man ihre Ausführung versucht hätte. Es sollen im Folgenden nicht nur die ersten beschrieben, sondern auch die Letztern angedeutet werden.

Die sämmtlichen hieher gehörigen Erfindungen lassen sich in drei Gruppen eintheilen. Die meiste Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Schiffsschleusen haben diejenigen Schleusen, die mit gewissen Seitenbassins versehen sind, die als Magazin für das Wasser dienen. Sie fangen das beim Entleeren der Kanäle anstossende Wasser in einer Weise auf, so dass es später zum Füllen der Schleuse benutzt werden kann. Die zweite Gruppe umfasst diejenigen Schleusen, welche bewegliche Kammern haben, die sich zugleich mit den darin befindlichen Schiffen nach dem Ober- und bald dem Unterwasser anschliessen. Zuletzt sind noch diejenigen Anordnungen zu behandeln, wobei die Schiffe auf Wagen gestellt und mittelst Eisenbahnen oder auch wohl recht gehoben und gesenkt werden. Letztere darf man kaum zu den Schleusen zählen, nichts desto weniger sind sie vielfach angewendet worden, dass sie nicht unerwähnt bleiben und in vielen Fällen sind damit in der That Schleusen von eigenthümlicher Einrichtung verbunden. Sie werden daher in diesem Abschnitte unter der Bezeichnung der geneigten Schleusen behandelt werden. Endlich wäre noch zu bemerken, dass die erwähnten Gruppen streng genommen nicht alle hieher gehörigen Einrichtungen umfassen, dass es jedoch nicht angemessen erscheint, die Zahl der Abtheilungen noch zu vergrössern. Es sind die wenigen Schleusen, die eigentlich den gewählten Bereich

ist entsprechen, dennoch, wo es am passendsten schien, unter selben aufgenommen.

Was zunächst die Einrichtung von Seiten-Bassins behufs Ermässigung des Wasserverbrauches beim Füllen der Schleusen betrifft, so liegt die Idee sehr nahe, die lebendige Kraft des Wassers, welches beim Entleeren der Schleuse zum Theil unter hohem Drucke, also mit grosser Geschwindigkeit abfliesst, zum leichten Füllen der Kammer wieder zu benutzen. Wenn man die verschiedenen Reibungen und Widerstände beseitigen, und jene lebendige Kraft, die bei der gewöhnlichen Einrichtung der Schleusen nutzlos bleibt, zum Theil sogar schädlich wirkt, vollständig ausnützen könnte, so würde sie unter denselben Voraussetzungen genügen, um die Kammer aus dem Unterwasser zu füllen, so dass kein Bedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse gar nicht durch den Zufluss von oben her gedeckt werden dürfte.

Ich will zuerst eines mehrfach angeregten Vorschlages erwähnen, der freilich weder an sich bei Schleusen ausführbar, noch auch jemals für diesen Zweck wirklich versucht worden ist. Man man in eine nicht gar zu enge, heberförmig gebogene Röhre Wasser giesst, und während beide Schenkel nach oben abwärts sind, durch Einblasen von Luft in den einen Schenkel das Gleichgewicht stört, so dass das Wasser auf der einen Seite höher steht, als auf der andern; so wird beim Aufhören des Einblasens die höhere Wassersäule sogleich zu sinken und die niedrigere im andern Schenkel der Röhre zu steigen anfangen. Das Wasser nimmt dabei in allen Theilen der Röhre eine übereinstimmende Bewegung an, und dieselbe beschleunigt sich so lange, bis der Ueberschuss des Druckes auf der ersten Seite noch stattfindet, oder bis es diejenige Lage erreicht hat, die dem Gleichgewichte entspricht. Sobald also das Wasser in beiden Schenkeln sich hoch steht, ist sein Moment der Bewegung am grössten geworden, und es kann daher in diesem Augenblicke nicht zur Ruhe kommen, vielmehr steigt es jetzt wieder in den zweiten Schenkel, und senkt sich in dem ersten, bis das Moment in Folge der Gegenwirkung der Schwere vernichtet ist. Wenn die Röhre weit und sanft gekrümmt ist, so steigt das Wasser in dem zweiten Schenkel beinahe eben so hoch, als es früher in dem ersten stand, und in gleicher Weise setzen sich die Schwingungen

abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen fort, bis die Bewegung durch den Einfluss der Widerstände endlich ganz gehoben ist. Die Erscheinung ist nicht wesentlich von der Bewegung eines Pendels verschieden, nur dass letztere wegen viel geringeren Reibungen sich weit länger fortsetzt, als die

Könnte man nun die Schleuse mit dem eben so großen Seitenbassin in gleicher Weise, wie die erwähnten beiden Bassinchen verbinden, wozu also gehören würde, dass der Verbindungskanal eben so weit, als die Schleusenkammer im horizontalen Querschnitt wäre, und könnte man überdiess diesen plötzlich absperren und in seiner ganzen Weite plötzlich frei machen, so wäre die Aufgabe allerdings vollständig gelöst. Man dürfte alsdann nur ein für allemal die Schleusenkammer dem Oberwasser füllen, während im Seitenbassin der Spiegel des Unterwassers dargestellt wäre. Wollte man dann die Kammer dem Unterwasser in Verbindung setzen, so dürfte man nur den weiten Kanal öffnen, worauf das Wasser im Seitenbassin nahe eben so hoch, wie es früher in der Schleuse stand, ansteigen würde. Dieser Zeitpunkt müsste zum Abschliessen des Kanals wahrgenommen werden, worauf das Schiff die Schleuse verlassen könnte. Das spätere Füllen der Kammer würde auf gleiche Weise geschehn, und dieselbe Wassermasse würde abwechselnd die Schleusenkammer und das Seitenbassin füllen, während bei jeder Füllung der ersteren nur ein sehr unbedeutender Zufluss aus dem Oberwasser erforderlich wäre, um den Abfluss zu decken, der aus der etwas geringeren Steighöhe entspringt.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass diese Idee in der Wirklichkeit nicht ausführbar ist. Man überzeugt sich auch, dass ein enger Verbindungskanal diesen Zweck gar nicht leisten kann, insofern in demselben nur eine geringe Wassermasse befindet, daher die durchströmenden Wassertheilchen nur eine Niveau-Differenz entsprechende Geschwindigkeit annehmen. Die zuerst hindurchtretenden Theile haben ihr Bewegungsmoment durch die innern Bewegungen, die sie erzeugen, längst verloren, während die folgenden noch in Bewegung sind, und die Geschwindigkeit dieser entspricht nur noch der letzten sehr geringen Niveau-Differenz. Auf diese Art hört die Bewegung voll-

Sobald der Wasserstand auf beiden Seiten derselbe ist, und beabsichtigte Aufsteigen des einströmenden Wassers findet nicht statt.

Der Englische Ingenieur Joshua Field hat vorgeschlagen, diese Idee dadurch nutzbar zu machen, dass der Verbindungs-kanal, der jedenfalls nur einen mässigen Querschnitt erhalten darf, aber noch schnell geöffnet und geschlossen werden soll, in diesem Verhältnisse verlängert werde, wie er verengt werden soll. Die darin enthaltene Wassermenge, die sich jedenfalls gleicher Geschwindigkeit bewegen wird, soll nach dem Vorhergehenden so gross wie diejenige sein, die zur Füllung der Schleuse erforderlich ist, und Field hat sich durch Beobachtungen, die an diesen Bassins von einigen Quadratfuss Querschnitt angestellt wurden, überzeugt, dass das Wasser dabei in der That ansehnlich langsamer und die jedesmalige Steighöhe sich nur um den achten bis zehnten Theile verminderte. Diese Resultate sprechen allerdings für das System, nichts desto weniger dürfte dasselbe bei Versuche im Grossen doch bedeutende Schwierigkeiten verurursachen und weit geringere Erfolge haben. Bedingung ist es allerdings, dass das Schütz schnell geöffnet und geschlossen wird. Schliessen ist leicht zu bewirken, während das Wasser so rasch zum Stillstande kommt, also keinen Druck ausübt. Das Öffnen geschieht dagegen unter dem vollen Drucke, und indem Rücksicht auf möglichst wasserdichten Schluss nicht unbeachtet werden darf, so kann man nur Schützöffnungen von mässiger Weite in Aussicht nehmen, und der ganze Kanal darf daher auch ziemlich enge sein.

Wählt man beispielsweise eine Schleuse, deren Kammer 10 Fuss breit und 70 Fuss lang ist und deren Gefälle 12 Fuss beträgt, so gehören 12600 Cubikfuss Wasser zu ihrer jedesmaligen Füllung. Stünde die Schleuse mittelst eines cylindrischen Kanals 12 Fuss Weite mit dem Seitenbassin in Verbindung, so müsste dieser Kanal nach der Voraussetzung, dass er die ganze Füllung enthalten soll, 4011 Fuss lang sein. Die Geschwindigkeit, welche darin darstellen könnte, wenn die Niveau-Differenz von

*Improved Canal Lock.* In den *Transactions of the Institution of Civil Engineers*. Vol. I. Seite 61.

Lagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



## 322 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen

12 Fuss dauernd bliebe, würde nach der im ersten Theile  
Werkes §. 17 hergeleiteten Formel

$$h = 0,005 \cdot \frac{l}{\varphi} c^{\frac{7}{2}}$$

nicht mehr, als 3,085 Fuss betragen. Dieser Geschwindigkeit entspricht aber nur eine Steighöhe von 1,8 Zoll. Etwas grösser wird das Resultat, wenn man die Weite des Röhren-Kanals grösser annimmt, doch darf man hiermit nicht zu weit gehen, da der schnelle und dichte Verschluss desselben sonst unmöglich werden würde. Gesetzt, die Röhre sei 3 Fuss weit, so würde sie 1782 Fuss lang sein müssen. Die Geschwindigkeit, die in der vollen Druckhöhe darin sich darstellen könnte, würde 6,18 Fuss betragen, und die zugehörige Steighöhe wäre 7,3 Zoll.

Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, dass diese zur Geschwindigkeit gehörige Steighöhe nicht erreicht werden kann, weil das durchströmende Wasser in Folge des abnehmenden Druckes seine Geschwindigkeit vermindert. Hierzu kommt noch, dass das im Bassin bereits befindliche Wasser an der Bewegung des einströmenden nicht Theil nimmt, also darin keine und innere Bewegungen entstehen, welche wieder einen grossen Theil der lebendigen Kraft zerstören. Der Erfolg wird also bei der weitem Röhre sich auf ein Paar Zolle beschränken. Noch geringer würde er aber sein, wenn man eine grössere Steigung oder ein geringeres Gefälle angenommen hätte.

Diese Erfindung verspricht demnach gar keinen Erfolg, und ihre Anwendung wegen der übermässigen Länge des Verbindungs-Kanales ausserordentlich kostbar sein würde.

Abweichend von dieser Idee hat man verschiedene Vorschläge projectirt, wodurch das Wasser aus dem Seitenbassin in die Schleusenkammer und umgekehrt langsam herübergeführt wird, und zwar so, dass das statische Gleichgewicht sich während erhält, also nur eine geringe äussere Kraft zur Aufstellung dieser Bewegung erforderlich ist. Indem die älteren, aus unausführbaren Vorschläge dieser Art übergangen werden sollen die wichtigsten neuern im Folgenden bezeichnet werden.

Lanz und Bétancourt gaben ein sinnreiches Mittel an, die Aufgabe allein durch das Eintauchen eines grossen, reichend beschwerten eisernen Kastens zu bewirken. Ein



hebt in dem Seitenbassin, welches in der Nähe des Bodens einen Kanal mit der Schleusenkammer verbunden ist. Sobald dieser Kasten in das Wasser herabgelassen wird, verdrängt er einen Theil desselben; dieses findet aber sowohl in der Schleusenkammer, als im Bassin keinen Ausweg, ist also gezwungen anzusteigen. Hat der Kasten denselben horizontalen Querschnitt, wie die Schleusenkammer, und umschliessen die Wände des Bassins ihn ziemlich nahe, so dass man die Oberfläche des stehenden Wassers unbeachtet lassen kann, so darf der Kasten so tief gesenkt werden, als der Unterschied zwischen der Höhe des Oberwassers und Unterwassers der Schleuse beträgt. Er hebt dadurch den Wasserstand in der Kammer in gleicher Weise, als wenn diese vom Oberwasser aus gefüllt wäre. Will man dagegen die Schleuse entleeren, so braucht man nur den Kasten eben so hoch zu heben, um das Wasser wieder nach dem Seitenbassin herüberzuziehen. Der Kasten ist bei den verschiedenen Senkungen einem sehr verschiedenartigen Wasserdrucke ausgesetzt, man darf dabei nicht übersehen, dass die Tiefe der Eintauchung keineswegs der absoluten Senkung des Kastens gleich gesetzt, der Kasten sei so aufgehängt, dass er bei Darstellung des Unterwasserspiegels in der Schleuse und folglich auch im Bassin so eben denselben berührt; alsdann wird er nach der richtigen Annahme, sobald er um  $t$  Fuss herabgedrückt wird, das Wasser in der Schleusenkammer um  $t$  Fuss heben. Wegen der freien Verbindung zwischen dieser und dem Seitenbassin steigt auch im Letztern, nämlich in dem schmalen Raume rings um den Kasten, das Wasser eben so hoch. Die ganze Tiefe der Eintauchung des Kastens beträgt also  $2t$ , und die Höhe desselben muss daher etwas grösser, als das doppelte Gefälle der Schleuse sein; das Bassin muss aus diesem Grunde auch tiefer als die Schleusenkammer herabreichen.

Zur Darstellung des Gleichgewichtes bei den verschiedenen Senkungen des Kastens eignet sich, wie die Erfinder nachweisen, ein gewöhnlicher Hebel, woran der Kasten hängt. Letzterer ist so schwer belastet, dass er ohne Gegengewicht von selbst über die Tiefe der grössten Eintauchung herabsinkt. Bei der Eintauchung steht der Hebel beinahe senkrecht. Seine Wirkung auf den daran hängenden Kasten, oder der vertikal

## 324 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen

aufwärts gerichtete Zug gegen den letztern, ist daher sehr gering. In dem Masse, wie der Kasten steigt, also vom Wasser weniger gehoben wird, nimmt der Hebel eine flachere Lage an, übt daher einen stärkeren Zug aus, und dieser erreicht sein Maximum, wenn der Hebel stellt sich horizontal, wenn der Spiegel des Lagerwassers im Bassin eintritt, oder der Kasten am wenigsten eingetaucht. Damit die Kette, woran der Kasten hängt, stets in derselben vertikalen Linie bleibe, ist sie über eine feste Rolle gezogen, und über derselben an einem kurzen Arme des Hebels befestigt, der mit dem längern einen rechten Winkel bildet. Die Längenverhältnisse beider Arme, und der Abstand des Gegengewichtes von der Drehungsaxe, sowie auch die Grösse des Gegengewichtes und die Lage der Drehungsaxe müssen so gewählt werden, dass das Gleichgewicht bei allen Eintauchungen des Kastens möglichst vollständig erreicht wird. Dieses ist in der That in so hohem Grade zu erreichen, dass die Kraft eines einzelnen Menschen bei gehöriger Ausführung des ganzen Apparats zum Manövriren dieser Schleuse zu genügen scheint. Wie reich diese Idee auch immer ist, so hat man sie doch nicht zur Ausführung gebracht.

In neuester Zeit hat eine andre Lösung derselben Aufgabe (die von D. Girard herrührt\*), viel Aufsehen gemacht, und es ist nicht in Abrede zu stellen, dass die Einrichtungen, worauf es sich bezieht, bei der heutigen Vollkommenheit grösserer Eisenarbeiten, keineswegs als unausführbar angesehen werden dürfen, wenn gleich sowohl die erste Anlage, als deren stete sorgfältige Unterhaltung mit grossen Kosten verbunden sein dürfte. Die Academie der Wissenschaften in Paris sprach sich sehr vorthellhaft über diese Erfindung aus, und erkannte auch deren Ausführbarkeit und grosse Nützlichkeit an. Nichts desto weniger ist es nicht bekannt geworden, dass dieses neue System irgend bereits Anwendung gefunden habe. Ein Modell, im Masse von ein Zehntel der wirklichen Grösse ausgeführt, stellte das beabsichtigte Spiel der Schleuse sehr befriedigend dar.

Fig. 355 zeigt die von Girard vorgeschlagene Einrichtung.

\*) *Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse* de l'auteur de M. D. Girard. Paris 1845.

seuse, *a* im Grundrisse und *b* und *c* in zwei Längenschnitten, die beide durch die punktirte Linie des Grundrisses *ad* und die verschiedenen Stellungen des Schwimmers *en*. In diesen Figuren ist ein sehr stürkes Schleusenangenommen, um die Höhenverhältnisse klar darzustellen.

Die zur Seite der Schleuse befindliche Bassin ist kreisförmig, dessen horizontaler Querschnitt ist wenig grösser, als der der Kammer. Es steht mittelst eines im Grunde liegenden mit letzterer in Verbindung, ohne weder mit dem Ober- noch mit dem Unterwasser des Kanales verbunden zu seyn. Der Schwimmer, aus einem eisernen Cylinder mit einem Boden bestehend, hängt wie ein Gasometer an drei Ketten, die, über feste Rollen gezogen, durch Gegengewichte *et* werden, welche das Gewicht des leeren Schwimmers leicht aufheben, und indem die Wände und Böden desselben eben gebildet sind, deren Raum-Inhalt vergleichungsweise von ihnen eingeschlossnen Räumen als verschwindend angesehen werden kann, so wird auch bei allen Einsenkungen das Gewicht des Schwimmers durch das Gegengewicht beinahe gleich sein, und seine Eintauchung und Bewegung bleibt daher von dem Gewichte seiner Füllung abhängig.

Sowohl das Oberwasser, als das Unterwasser des Kanales durch Zuleitungs-Kanäle bis nahe an das Bassin geführt, dessen Grundriss zeigt, und jenes wie dieses ist durch abwärts gerichtete starke gusseiserne Röhren mit den beiden Abtheilungen des Schwimmers in Verbindung gesetzt, nämlich das Oberwasser mit der obern, und das Unterwasser mit der untern Abtheilung.

Die durch das Bassin hindurchgeführten, vertikal aufgerichteten Schenkel dieser Röhren müssen sich wasserdicht am untern Boden des Schwimmers anschliessen, ohne das Auf- und Abgehen desselben zu verhindern, sie müssten daher glatt und geschliffen und mit Stopfbüchsen umschlossen sein. Die Herstellung dieses dichten Schlusses, ohne bedeutende Reibung zu verursachen, ist der schwierigste Theil der ganzen Aufgabe. Die obere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *B* ist oben offen, und unten mit einer Oeffnung versehen, an deren Rand die obere Röhre anschliesst, die bis zum untern Boden des

Schwimmers herabreicht. Auf diese Weise besteht keine Verbindung zwischen der obern und untern Abtheilung des Schwimmers, durch welche Wasser hindurchtreten könnte, vielmehr kommt der Raum *B* allein mit dem Oberwasser. Letzteres kann durch die gebogene, sowie durch die zuletzt erwähnte Verbindungsröhre stets ganz frei in ihn aus- und eintreten, so lang das Kegelventil *D* geschlossen wird. Die untere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *A* steht in gleicher Weise mit dem Unterwasser in Verbindung, indem die zweite gekrümmte Röhre wieder durch den Boden hindurchtritt, und wenn er nahe herabgesunken ist, nahe seine Decke, oder den Zwischenraum des Schwimmers berührt. Auch diese Verbindung kann durch ein Kegelventil *E* geschlossen werden, wenn die Schleusen in Thätigkeit gesetzt wird. Ausserdem hat die äussere Leiste zu der untern Abtheilung freien Zutritt, indem eine Röhre zwar in der Verlängerung der eben erwähnten, durch die untere Abtheilung hindurchgeführt ist, ohne eine Verbindung mit dem darin befindlichen Wasser darzustellen.

Aus dieser Beschreibung ergiebt sich unmittelbar die Einfachheit des Apparates. Die Schleusenkammer sei leer, der Wasserstand darin mit dem Unterwasser im Niveau. Die beiden Abtheilungen des Schwimmers seien leer, und dass derselbe nur wenig eintaucht, wie Fig. 255 *b* zeigt. Die Gegengewichte sind so abgeglichen, dass sie in diesem Zustand den Schwimmer in solcher Höhe halten, dass seine beiden Enden um 5 Centimeter oder 2 Zoll mit ihren Oberflächen tiefer als die Wasserstände des Ober- und Unterwassers im Niveau. Sobald man daher die beiden Ventile *D* und *E* öffnet, so strömt Wasser gleichmässig in beide Abtheilungen ein. Dadurch wird aber der Schwimmer stärker belastet, sinkt also tiefer, bis die anfängliche Niveau-Differenz von 2 Zoll bleibt, und während dieser ganzen Bewegung, so dass die Einstromung gleichmässig fortsetzt, bis der Schwimmer die tiefste Stelle erreicht hat. Hierbei muss wieder darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Wasserspiegel im Seitenbassin während Sinkens nicht derselbe bleibt. Wäre er constant, so würde der Schwimmer unter den obigen Voraussetzungen doppelt so tief herabsinken, als der Wasserstand in jeder der beiden Abtheilungen sinkt.



Seine Eintauchung nimmt auch wirklich in dieser Weise ab, aber der Wasserstand im Bassin ist derselbe, wie in der Auskammer, und dieser steigt wegen des gleichen horizontalen Querschnittes des Schwimmers eben so hoch, wie letzterer herabsinkt. Die absolute Senkung des Schwimmers ist daher halb so gross, als die Zunahme der Eintauchung, oder sie entspricht der Zunahme des Wasserstandes in jeder der beiden Abtheilungen, woher die Niveau-Differenzen gegen das Ober- und Unterwasser unverändert dieselben bleiben.

Der Schwimmer wird am weitem Herabsinken gehindert, so dass das Wasser, worin er schwimmt, und sonach auch das in der Schleusenkammer befindliche bis auf 2 Zoll oder 5 Centimeter über dem Wasserstande des Kanales sich genähert hat. Er stellt sich dann auf einen am Boden des Bassins angebrachten vorstehenden Rand von selbst auf. Eine weitere Erhebung des Wasserstandes in der Schleuse findet jetzt nicht mehr statt, man lässt das Wasser stehen, ehe die Oberthore geöffnet werden, eine geringe Zeit verstreichen, damit der Wasserstand in beiden Abtheilungen des Kanals mit dem Ober- und Unterwasser des Kanals vollständig ins Niveau setzen kann. Alsdann schliesst man die Ventile *D* und *E*, und öffnet zuletzt die Oberthore. Der gegen dieselben noch wirkende Wasserdruck kann nunmehr durch die Winden überwunden werden, und das Ziehen der Schützen in den Thoren ist daher zu diesem Zwecke entbehrlich.

Soll nunmehr die Kammer wieder entleert, oder der Wasserstand in derselben bis zum Niveau des Unterwassers gesenkt werden, so muss der Schwimmer sich heben, damit der Inhalt der Kammer wieder in das Bassin zurücktritt. Der Schwimmer nimmt in diesem Falle die in Fig. 253 c angedeutete Stellung an. Nachdem das Schiff in die Kammer gebracht ist, und die Oberthore geschlossen sind, so öffnet man die Ventile *D* und *E*, stellt dadurch wieder die Verbindung beider Abtheilungen des Kanals her. Die beiden Wasserstände, welche durch jene gekrümmte Röhre verbunden werden, stehen nunmehr aber wieder nicht im Niveau. Hatten freilich beim Schliessen der Ventile gleiche Höhe, aber beim Öffnen der Oberthore der Schleuse trat in der Kammer und



sonach auch im Seitenbassin ein um 2 Zoll höherer Wasserstand ein. Um eben soviel wurde auch der Schwimmer, und mit ihm das darin befindliche Wasser gehoben. Aus diesem Wasser fließt nunmehr sogleich von selbst der Inhalt der beiden Abtheilungen des Schwimmers wieder nach den beiden Theilen des Kanals ab, und die anfängliche Niveau-Differenz ändert sich auch nicht, weil der Schwimmer in demselben Maasse sinkt, wie das Wasser abfließt. Indem er sich aber hebt, steigt das Wasser aus der Schleusenkammer in das Seitenbassin, und erstere nimmt den niedrigen Stand des Unterwassers an, auch dieses geschieht wieder nicht vollständig, vielmehr fließt Wasser aus den Abtheilungen des Schwimmers schon ab, und die weitere Bewegung desselben hört demnach auf, sobald die Niveau-Differenz zwischen der Schleusenkammer und dem Unterwasser 2 Zoll beträgt. Diese Vorsicht ist nothwendig, um beim nächsten Füllen der Schleuse den Apparat ohne Unterbrechung in Thätigkeit setzen zu können. Nachdem die Ventile abgeschlossen sind, öffnet man gegen den geringen Widerstand der Unterthore, und senkt dadurch den Schwimmer so weit, wie beim spätern Oeffnen der Ventile sogleich, wie oben beschrieben, die Füllung des Schwimmers von selbst beginnt.

Es ist gewiss nicht in Abrede zu stellen, dass die Anordnung des Apparates höchst sinnreich ist. Das beim Füllen der Kammer aus dem Ober- und Unterwasser in den Seitenbassin hineingezogene Wasser, wird beim nächsten Entleeren der Kammer wieder vollständig nach derjenigen Seite zurückgeleitet, wo es entnommen war. Dasjenige Wasser dagegen, welches beim Wechseln die Schleusenkammer und das Seitenbassin verlässt, erleidet einen geringen Verlust, indem bei jedem Oeffnen der Unterthore dasselbe 2 Zoll tief abfließt, und daher bei jedem Oeffnen der Oberthore eben so viel wieder hinzugelassen werden muss. Dieser Bedarf für die jedesmalige Füllung der Schleuse ist unbedeutend, dass er auch durch sehr schwache Zuflüsse gedeckt wird, und man daher in dieser Beziehung die Aufgabe der Schleuse ansehen kann. Aehnliche Verluste werden ohne Zweifel auch bei den unvermeidlichen Mangel an Dichtigkeit in den Schleusenthoren, den Kegelventilen und in den Wänden des Schiffskanals, namentlich auch in den Stopfbüchsen eintreten, womit die

die aufwärts gekehrten Schenkel der gekrümmten Röhren  
best; doch dürften dieselben bei sorgfältiger Ausführung des  
Weges den Vortheil dieser Erfindung nicht wesentlich beein-  
tätigen. Der Hauptgrund, weshalb man dieselbe bisher nicht  
Ausführung gebracht hat, scheint allein der zu sein, dass die  
von der Anlage und Unterhaltung dem Nutzen doch nicht zu  
rechnen schienen. Als die Commission der Akademie diese  
Anlage beurtheilte, wies sie zugleich darauf hin, dass in der  
von Paris eine sehr passende Gelegenheit zur Erbauung  
solcher Schleuse sich darbiete. Der Flusshafen bei St. Ouen  
nämlich bedeutend höher als der gewöhnliche und niedrige  
Wasserspiegel der Seine, woher zur Verbindung beider eine  
Schleuse erbaut worden. Die Quellen, durch welche man den  
Hafen ursprünglich speisen wollen, haben sich bald als ganz un-  
genügend gezeigt. Der Versuch, die Speisung durch Artesische  
Brunnen zu bewirken, sei auch missglückt, und man habe daher  
sich zu einer Schöpfmaschine entschliessen müssen, welche  
von einer Dampfmaschine in Betrieb gesetzt werde. Letztere  
müsse nun durchschnittlich in jedem Jahre neun Monate hindurch  
arbeiten bleiben, um den Wasserspiegel im Hafenbassin auf der  
erforderlichen Höhe zu erhalten. Die sehr starke Wasser-Con-  
dition des Hafens rühre aber beinahe ausschliesslich von dem  
häufigen Füllen der grossen Schleusenkammer her, weshalb  
hier das Bedürfniss sich besonders dringend herausstelle,  
das Wasser aus der Schleusenkammer beim Entleeren derselben  
in einem Seitenbassin aufzufangen, um es zu den spätern Fül-  
lungen wieder benutzen zu können. Diese Umstände sind aller-  
dings von der Art, dass gerade hier die Anwendung der neuen  
Erfindung sehr angemessen gewesen wäre; dieselbe ist indessen  
nicht unterblieben.

Schliesslich muss in der Beschreibung dieser Schleuse noch  
einen Umstand aufmerksam gemacht werden, der bei sehr  
häufiger Schifffahrt störend sein dürfte. Schon oben (§. 109)  
wurde darauf hingewiesen, wie wichtig es sei, das Füllen und  
Entleeren der Schleusenkammern möglichst zu beschleunigen, und  
dazu den vollen Wasserdruck, der dem Gefälle der  
Schleuse entspricht, zu benutzen. Derselbe ertheilt dem durch die  
Röhren und Umläufe strömenden Wasser die nöthige Beschleu-

nigung, aber die bedeutende lebendige Kraft des Leistes eben dadurch vernichtet. Die Erfindung Girard's, so wie alle ähnlichen Einrichtungen bezwecken gerade das Gegentheil, sie vermeiden solchen Verlust an lebendiger Kraft. Es lässt sich schon aus den ersten Gesetzen der Mechanik, dass ein Kraftverlust eintreten darf, wenn man dieselbe Wassermasse wieder ohne bedeutende äussere Nachhülfe auf ihren natürlichen höheren Stand zurückführen will. Die Füllung und Leerung der zuletzt beschriebenen Schleuse muss daher, wie die Röhrenleitungen auch recht weit macht, doch immer langsam von Statten gehn. Je weiter man aber die Röhren um so schwieriger wird die Einrichtung der Stopfbüchsen, die Handhabung der Kegelventile, und um so mehr auch das erforderliche Gleichgewicht, indem der von dieser eingedammte Raum diejenige Wassermasse vermindert, den Druck auf den Schwimmer ausüben soll.

Endlich giebt es noch eine viel einfachere Methode der Benutzung solcher Seitenbassins, wobei freilich nur ein Theil des Wassers jedesmal aufgefangen und zur folgenden Füllkammer benutzt werden kann, die aber den wesentlichen Vortheil vor der beschriebenen besitzt, dass sie nur eben die Anlage eines Seitenbassins nebst verschliessbaren Verbindungskanälen und keiner sonstigen Vorrichtungen zur Darstellung des Gleichgewichts bedarf. Diese Einrichtung besteht darin, dass, so lange das Wasser in der Kammer noch höher steht als in einem Seitenbassin, es nicht in die nächste Kanallstrecke, sondern in dieses abgelassen wird, bis beide im Niveau stehen. Alsdann öffnet man den Verbindungskanal, und beim nächsten Füllen der Kammer lässt man in diese das aufgefangene Wasser wieder einfließen. Seitenbassins solcher Art sind mehrfach angeordnet und haben sich sehr nützlich gezeigt, um den Wasserverbrauch der Schleusen zu ermässigen. Man hat aber in den meisten Fällen sich nicht mit einem Seitenbassin begnügt, sondern demselben nämlich zu jeder Schleuse eines, angebracht, und an mehreren Schleusen auf Englischen Kanälen kommen sogar deren mehrere. Sobald ihrer mehrere sind, werden sie der Reihe nach benutzt, indem man das Wasser beim Entleeren der Kammer in das höchste Bassin treten lässt, bis in diesem der Wasserstand

Kammer sich dargestellt hat. Nachdem die Verbindung hergestellt ist, füllt man in gleicher Weise das nächst tiefer liegende, und so fort, bis man den letzten Rest des Füllwassers in der Kammer in das Unterwasser abfließen lässt. Beim Füllen der Schleuse werden dagegen in umgekehrter Reihenfolge die Bassins mit der Kammer in Verbindung gesetzt, und sobald der Wasserspiegel in dieser mit dem des obersten Bassins im Niveau steht, wird die Schleuse vollends aus dem Oberwasser gefüllt.

Schon Bélidor beschreibt eine Schleuse dieser Art \*), nämlich von Dubié im Jahre 1643 erbaute Schleuse bei Busingen, welche zwischen Farnes und Ypern führenden Kanäle verbindet. Er rühmt sie als die schönste Schleuse, die er gesehen habe, und dieses sowohl wegen der guten Ausführung, als auch besonders wegen der in Rede stehenden Seitenbassins. Die Kammer ist 120 Pariser Fuss lang, und 20 Fuss weit. Das Schleusen-Gefälle beträgt 20 Fuss. Sowohl im Ober- als Unterhaupt sind Umläufe angebracht, die des Oberhauptes stehen aber mit den zu beiden Seiten befindlichen Bassins in Verbindung, so dass dieselben Mündungen theils zur Zuleitung aus dem Oberwasser und aus den Seitenbassins, theils auch zur Ableitung des Wassers in letztere dienen.

Bélidor sagt, dass durch diese Anordnung der Verbrauch an Wasser zum Durchschleusen auf den dritten Theil ermässigt werde, dass es bei den spärlichen Zuflüssen des Kanales von Ypern diese Verminderung des Bedurfes nicht möglich sein würde, denselben den erforderlichen Wasserstand zu erhalten. Indem Grösse der Seitenbassins nicht angegeben wird, so lässt sich nicht beurtheilen, ob die Ersparung an Wasser wirklich so gross ist. Jedenfalls verdient dieser Gegenstand aber eine nähere Untersuchung, da hierdurch allein die Zweckmässigkeit solcher Anordnungen sich begründen lässt.

Zuerst mag der Fall untersucht werden, dass jedes Seitenbassin dieselbe Ausdehnung, wie die Schleusenkammer hat. Alsdann wird, sobald beide mit einander in Verbindung sind, der Wasserspiegel in dem einen eben so viel sinken, wie in dem andern steigt. Es ist aber noch darauf hinzuweisen,

\*) *Architecture hydraulique* IV. pag. 411 ff.



dass die Benutzung dieser Seitenbassins ganz methodisch verfahren muss, wenn man sie möglichst nutzbar machen will, dass die Wasserstände in der Schleuse, bei denen sowohl während der Füllung, als während der Entleerung der Kammer die Abflusskanäle geöffnet werden, vorher zu bestimmen. In dem Seitenbassin wird aber der Wasserstand bei der Entleerung der Schleusenkammer eben so hoch steigen, wie er beim Füllen derselben herabsinkt. Er wechselt daher jedesmal zwischen bestimmten Grenzen, die zunächst ermittelt werden müssen. Diese Grenzen sind für jedes Seitenbassin gleich weit von einander, da alle Seitenbassins gleiche Ausdehnung haben. Indem nach der Annahme die Oberfläche jedes Bassins mit der Oberfläche der Schleusenkammer übereinstimmt, so wird auch der Wasserspiegel in letztern während jeder Verbindung mit einem Bassin um eine gleiche Grösse steigen, oder sinken. Es ergibt sich hieraus, dass dieser übereinstimmende Abstand zwischen je zwei Stufen des Wasserspiegels ein aliquoter Theil des ganzen Schließfalles, oder der Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser sein muss.

Wenn die Kammer entleert werden soll, so sind alle Seitenbassins leer, oder die Wasserstände in denselben haben die unteren Grenzen erreicht, soll sie dagegen gefüllt werden, so sind die Bassins bis zu den obern Grenzen gefüllt. Man bezeichnet diese Grenzen mit Ziffern. Die Höhe des Unterwassers ist die nächste Grenze Eins, die folgende Zwei und so weiter bis zum Oberwasser; alsdann lässt sich leicht das Ansteigen und Sinken des Wassers in der Schleuse, für eine gegebene Zahl von Seitenbassins verfolgen, und die Ersparung an Zeit bei jedesmaliger Füllung der Schleuse finden.

Ich mache den Anfang mit der Füllung der Kammer. Das Wasser steht in derselben nach der eben angegebenen Höhe auf Null. Um sie sogleich aus einem Seitenbassin speisen zu können, in welchem während dieser Speisung der Wasserspiegel um Eins sinkt, muss das unterste Bassin bis auf Nr. 2 gefüllt sein. Bei der Verbindung desselben mit der Kammer, steigt in Beiden der Wasserstand Nr. 1 dar. Das nächste Bassin, damit es sogleich in Wirksamkeit trete, einen Wasserstand Nr. 3 enthalten, der bei der Verbindung auf Nr. 2 herabsinkt.



Wenn also  $m$  Seitenbassins vorhanden sind, so muss das oberste Bassin Nr.  $m + 1$  gefüllt sein, und wird bis Nr.  $m$  entleert. Der Wasserstand Nr.  $m + 1$  entspricht aber noch nicht der Höhe des Oberwassers, weil er aus der Schleusenkammer dargestellt war, bei der Ausgleichung beider um Eins tiefer liegt, als der Wasserstand in jener, oder als das Oberwasser. Die Höhe des Wassers entspricht also Nr.  $m + 2$  an jener Scala, oder so ist die Anzahl der Abtheilungen. Die beiden letzten Abtheilungen können aber nur unmittelbar aus dem Oberwasser gewonnen werden.

Beim Entleeren der Kammer, steht darin zunächst das Wasser auf Nr.  $m + 2$ . Im obersten Bassin hatte es den Stand Nr.  $m$  genommen, durch Verbindung Beider stellt es sich auf Nr.  $m + 1$ . Auf dieser Weise füllen sich alle Seitenbassins um Eins, während das Wasser in der Kammer jedesmal um eine Einheit sinkt. Im untersten Bassin steht das Wasser auf Nr. 1, und wird aus der Schleusenkammer bis Nr. 2 gefüllt. Soweit kann das Wasser aus der Kammer nur in Seitenbassins abgegeben werden, der Rest, welcher der Höhe von zwei Nummern entspricht, muss in das Unterwasser gegossen werden.

Die Wassermenge, welche durch  $m$  Seitenbassins aufgefangen und demnächst wieder zum Füllen der Schleusenkammern benutzt wird, ist also in denselben Abtheilungen der Höhe gegeben, gleich  $m$ , während die ganze Anzahl der Abtheilungen, die zum Füllen der Schleusenkammer erforderliche Wassermenge gleich  $m + 2$  ist. Die Verminderung des Wasserbedarfes ergibt daher, wenn jedes Bassin denselben Flächeninhalt, wie die Schleusenkammer hat

$$\frac{m}{m + 2}$$

- bei einem Bassin ist sie  $\frac{1}{3}$
- bei zwei Bassins . .  $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$
- bei drei Bassins . .  $\frac{3}{5}$
- bei vier Bassins . .  $\frac{4}{6} = \frac{2}{3}$
- so fort.

Man hat zuweilen die Wirksamkeit der Seitenbassins dadurch verstärken vorgeschlagen, dass man ihnen eine grössere Aus-

### 334 XVI. Eigenthümliche Schiffschleusen

dehnung giebt. Der Erfolg dieser Anordnung ist indessen bedeutend. Wenn der Flächeninhalt jedes Bassins pelt so gross, als der der Schleusenammer wird bei der jedesmaligen Verbindung beider das Wasser Kammer doppelt so hoch steigen oder fallen, als es im sinkt oder steigt. Den Abstand der beiden Grenzen des Wasserstandes in jedem Bassin nehme ich wieder als Einheit an, denke in der Schleuse einen Pegel nach diesem Masse theilt, dessen Nullpunkt in der Höhe des Unterwassers liegt.

Die Schleuse sei wieder entleert, und die sämtlichen Bassins gefüllt. Um die Kammer aus dem untersten Bassin speisen zu können, wird der Wasserstand in demselben erniedrigt stehen müssen. Dieses Bassin füllt die Kammer von Nr. 1. Dabei sinkt das Wasser im Bassin von Nr. 1. Das nächste Bassin muss anfangs den Wasserstand halten, und es füllt die Schleuse bis Nr. 4. Das dritte Bassin sinkt auf den Stand von Nr. 7 und füllt die Schleuse bis Nr. 6. Es ist sich leicht, dass das letzte, oder das  $m^{\text{te}}$  Bassin bis zu Nr.  $2m + 1$  gefüllt sein muss, und die Schleuse bis Nr.  $2m + 2$  füllen wird. Der Wasserstand Nr.  $2m + 1$  in diesem Bassin ist aber dadurch dargestellt, dass bei der vorhergehenden Entleerung der Kammer das Oberwasser sich um zwei Abtheilungen erniedrigt, die Höhe des Oberwassers ist also Nr.  $2m + 3$ , oder die zum Füllen der Kammer erforderliche Wassermenge in Maasse ausgedrückt  $= 2m + 3$ . Von derselben werden  $\frac{1}{2}$  aus den Seitenbassins entnommen, während 3 solcher Theile mittelbar aus dem Oberwasser hineingeleitet werden müssen, beim Gebrauche dieser grössern Seitenbassins eintretende Senkung ist demnach

$$\frac{2m}{2m + 3}$$

also bei einem Bassin  $\frac{1}{3}$   
 bei zwei Bassins  $\frac{2}{5}$   
 bei drei Bassins  $\frac{3}{7} = \frac{3}{7}$   
 bei vier Bassins  $\frac{4}{9}$  u. s. w.

Der Nutzen dieser Vergrösserung der Bassins ergibt sich deutlicher, wenn man die gefundenen Werthe in Decimals verwandelt.

Anzahl der Bassins	1	2	3	4	5	6
Verzögerung im ersten Falle	0,333	0,500	0,600	0,667	0,714	0,750
Verzögerung im zweiten Falle	0,400	0,571	0,667	0,727	0,769	0,800
Differenz	0,067	0,071	0,067	0,060	0,055	0,050

Am grössten ist der Unterschied bei zwei Bassins, er stellt sich dabei aber auch nur auf ein Vierzehnthel der ganzen zur Abfuhr erforderlichen Wassermenge, und wenn die Anzahl der Bassins grösser wird, so nimmt er immer mehr ab und verschwindet zuletzt ganz.

Es ergibt sich hieraus, dass die Vergrösserung der Seitenbassins keinen bedeutenden Nutzen gewährt. Ein solcher tritt bei der vorstehenden Untersuchung bei ihrer Vermehrung allerdings ein, doch ist die Hinzufügung eines neuen um so weniger wichtig, je grösser die Anzahl derselben bereits ist. Man wird sich wohl in den meisten Fällen mit zweien begnügen, wobei halbe Füllmasse bei jeder Durchschleusung erspart wird, wenn die Bassins so gross, wie die Schleusenkammer sind. Eine Vermehrung ihrer Anzahl führt aber noch den wesentlichen Uebelstand herbei, dass jede einzelne Durchschleusung dadurch ausserordentlich verzögert wird, und wenn man, um den Zeitverlust gar zu gross werden zu lassen, das Ende der jedesmaligen Durchströmung nicht vollständig abwartet, sondern den Zuleitungskanal schon abschliesst, bevor in der Kammer und im Bassin der volle Wasserstand sich vollständig dargestellt hat, so würde das Vortheil einer grossen Vermehrung der Bassins wieder verlohrt und vielleicht ganz aufgehoben werden. Es muss aber bemerkt werden, dass die angegebenen Werthe der Ersparnis an Wasser die äusserste Grenze bezeichnen, und wohl nie vollständig erreicht worden, namentlich wenn man zur Bestimmung die Darstellung des gleichen Niveaus nicht abwartet, vielmehr schon früher, so bald die Strömung sehr geringe ist, die Verbindungskanäle sperrt.

Zur Aufnahme eines Theils des in der Schleusenkammer vorhandenen Wassers kann man auch statt eines besondern Seitenbassin eine zweite Schleusenkammer benutzen, die un-

mittelbar neben der ersten sich befindet, und nur durch eine einfache Kammermauer davon getrennt ist. Dieses System ist dem Regents-Canal in England zur Ausführung gebracht, und auch in Russland Anwendung gefunden haben. Der Nutzen desselben in Bezug auf die Verminderung des Wasserbedarfes ist nicht zu verkennen, und derselbe stellt sich sogar bedeutend stärker, als wenn man ein Seitenbassin angelegt hätte, aus dem das Wasser wieder in die Schleusenkammer zurückgeleitet werden müsste. Ausserdem wird der Zeitverlust, von dem oben die Rede war, in diesem Falle reichlich ersetzt, indem zwei Schleusen zur Ueberwindung desselben Gefälles benutzt werden. Wenn zwei Schiffe sich an der Schleuse begegnen, indem eines herab-, und andre heraufgeht, und zum Einlassen derselben in die Schleuse die erste Kammer gefüllt und die zweite entleert werden muss, so wird, nachdem die sämtlichen Thore geschlossen sind, die Verbindung beider Kammern eröffnet, und in beiden stellt sich ein Wasserstand dar, der bei vorausgesetzter gleicher Grösse beider Kammern in die Mitte zwischen Ober- und Unterwasser fällt. Auf diese Weise füllt sich die zweite Kammer schon bis zur halben Höhe, und zu ihrer vollständigen Anfüllung braucht man aus dem Oberwasser nur halb soviel Wasser zu entnehmen, als bei einer gewöhnlichen Schleuse erforderlich gewesen wäre. Derselben Vortheil erreicht man aber auch noch, wenn ein Schiff bereits abgegangen ist, und später ein anderes heraufgeht, oder umgekehrt die heraufgehenden Schiffe einander folgen. Im letztern Falle würde man nämlich, nachdem ein Schiff sich bereits im Oberwasser befindet, die Hälfte des Inhaltes der ersten Kammer in die zweite giessen, nachdem diese das zweite Schiff schon aufgenommen hat. Zur vollständigen Füllung derselben muss also wieder nur die halbe Füllmasse erforderlich sein.

Dieser Vortheil ist jedoch nur vollständig zu erreichen, wenn die sämtlichen Schleusenthore so wie auch die Schütze in den Verbindungskanälen dicht schliessen, so dass man in jeder Kammer sowohl den Ober- als Unterwasserstand halten kann, bis eine der beiden Kammern zum Durchlassen eines Schiffes wieder benutzt wird. Augenscheinlich ist diese Bedingung um so leichter zu erfüllen, je kürzer die Zwischenzeit, oder je lebhafter die Schiffsbewegung ist. In diesem Falle werden aber die grössern Kosten der Anlage

allerdings noch einmal so gross, als für eine gewöhnliche Schleuse sind, sich vollständig rechtfertigen, und vielleicht schon die Bedürfnisse der schnelleren Beförderung der Schiffe die Anlage der zweiten Schleuse fordern. Diese Einrichtung ist daher für den lebhaften Verkehr gewiss sehr zu empfehlen.

In Betreff der Ausführung der Seitenbassins, oder der doppelten Schleusenkammern ist aber noch darauf aufmerksam zu machen, dass die Verbindungs-Kanäle jedesmal mit doppelten Thüren versehen sein müssen, damit dieselben sowohl von der einen, als von der andern Seite den Wasserdruck abhalten, was durch ein einzelnes Schütz von gewöhnlicher Construction nicht zu erreichen ist.

Eine eigenthümliche Einrichtung zur Ermässigung des Wasserdruckes beim Durchschleusen von Schiffen ist noch von dem holländischen General-Inspector des Wasserstaates Goudriaan gegeben, und im Jahre 1816 bei mehreren Schleusen des Amsterdamer-Kanales in der Provinz Drenthe zur Ausführung gebracht. Seitenbassins kommen dabei freilich nicht vor, die Erfindung gehört also eigentlich nicht in diesen Paragraph, sie findet am besten am passendsten hier ihre Stelle, da sie nicht wichtig genug ist, um besonders behandelt zu werden. Das Wasser, welches die Schleusenkammer füllt, wird in diesem Falle nicht mittelbar aufgefangen und zur nächsten Füllung der Schleuse benutzt, vielmehr wird die lebendige Kraft des beim Füllen und Entleeren der Kammer durch die Umläufe strömenden Wassers zum Betriebe eines Schöpfwerkes verwendet, wodurch einiges Wasser aus dem Unterkanale in den Oberkanal gehoben werden soll. Die Einrichtung ist sonach wesentlich von derjenigen verschieden, welche man bei Anwendung von Seitenbassins verfolgt. Man darf sie nicht als ganz verfehlt ansehen, wenn eine Schöpfmaschine gewählt wird, die schnell in Wirksamkeit kommt, und die bei dem allmählichen abnehmenden Wasserdrucke noch immer einen der Betriebskraft entsprechenden Effect äussert. Die Lösung dieser Aufgabe dürfte allerdings nicht leicht sein. Das Wurfrad, welches Goudriaan wählte, entspricht nicht entfernt den Bedingungen, da seine Wirksamkeit vollständig aufhört, wenn ihm nicht die der Wurfhöhe entsprechende Geschwindigkeit mitgetheilt werden kann. Der



Versuch ist daher gänzlich missglückt, was sowohl L. als Storm Buysing \*\*) anerkennen, wenn gleich Beide Gonds Erfindung, die sie nur kurz andeuten, „sehr vernünftig“ und Beide sagen überdiess, wiewohl sie keineswegs gleichzeitig geschrieben haben, dass die Maschinen „seit einiger Zeit“ mehr gebraucht werden. Ich muss dazu bemerken, dass im Jahre 1823, als ich die Einrichtung besah, der Schleuser derjenigen Schleuse, die das stärkste Gefälle hat, mir er sei bereits seit fünf Jahren angewiesen, die Maschine besonderen Befehl nicht in Thätigkeit zu setzen, und solcher Befehl sei ihm seitdem nicht zugegangen. Man habe überhaupt die Maschine nur unmittelbar, nachdem sie fertig geworden, lassen, sich aber sogleich von ihrer gänzlichen Unbrauchbarkeit überzeugt.

Von Zwarte-Sloys am östlichen Ufer des Süder-Sees streckt sich ein Kanal, das Meppeler Diep genannt, bei dem Städtchen Meppel, und setzt sich in geringeren Dimensionen Smilde vorbei bis Assen fort. Dieser Kanal, der von Meppel aufwärts die Smilder Vaart heisst, durchschneidet den weit gedehnten und hoch gelegenen Torfstich oder das „Veer“ Smilde. Sein Zweck ist vorzugsweise die Abfuhr dieses Torfes, wenn auch von weit geringerer Güte, als der in tiefen Teichen oder „Meeren“ gewonnene, dennoch wegen seines geringen Preises nicht nur in den östlichen Provinzen der Niederlande vorzugsweise verbraucht, sondern auch in grossen Massen über den Süder-See verschifft wird. Der Kanal ist in dieser Beziehung von grosser Bedeutung, aber seiner gehörigen Benutzung der Uebelstand entgegen, dass er oft an Wassermangel leidet, indem die Quellen, die ihn speisen, und die sämmtlich in den hohen Veen gesammelt werden, in trockner Jahreszeit beinahe ständig versiegen. Bei Ausführung des Kanales hat man auch nicht auf die Darstellung gleich grosser Schleusengefälle achtet, und dadurch noch stärkere Wasser-Consumption durchschleusen der Schiffe veranlasst, als nöthig gewesen

\*) *Cursus over de Waterbouwkunde*. 1838. II. p. 284.

\*\*) *Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde*. 1811. pag. 153.

später bei Gelegenheit der Schiffahrtskanäle die Rede sein. Man war demnach gezwungen, auf Mittel zu sinnen, wodurch die Schiffahrt auf diesem Kanale mehr gesichert werden konnte, und Goudriaan's Idee, das Wasser, welches beim Füllen und Leeren der Schleusen ab- und zufließt, zum Betriebe von Erhebungs-Maschinen zu benutzen, fand bei mehreren Schleusen zwischen Meppel und Smilde seine Anwendung.

Fig. 356 zeigt die gewählte Anordnung, und zwar bei der Schleuse, die unter allen das stärkste Gefälle, nämlich 7 Fuss hat. Sie liegt etwa zwei Stunden von Meppel entfernt. Soviel ich bemerken konnte, stimmten auch die an einigen Schleusen angebrachten Maschinen hiermit überein. Zwei, ein weiterer und ein engerer ziehn sich neben der Schleusenammer vom Oberwasser nach dem Unterwasser. Der erste, gleich die Stelle der gewöhnlichen Umläufe versieht, liegt fast der Schleuse, und in ihm fließt das Betriebswasser der Schleuse. Er dient, sobald die Schütze passend geöffnet und geschlossen werden, sowohl zum Füllen, als zum Leeren der Schleuse. In dem andren, mit zwei scharfen Serpentinien versehenen Kanale, sollte das Wasser in Folge der Wirksamkeit der Schütze aus dem Unterkanale in den Oberkanal zurückfließen. Die Maschine besteht aus zwei Rädern an einer gemeinschaftlichen Welle. Sie haben etwa 16 Fuss Durchmesser, und unterscheiden sich vorzugsweise dadurch von einander, dass das eine, das Betriebsrad, 4 Fuss breit ist, während die Breite des andern, das als Wurfrad dienen soll, nur 2 Fuss beträgt. Indem die Räder sich in gleicher Richtung drehen, kann das letzte Wasser nur in der Richtung des Unterwassers heben. Da dieses aber dennoch dem Oberwasser zufließt und vom Unterwasser gespeist wird, mussten beide Theile dieses Kanales noch durch eine Rade vorbeigeführt werden, woher der Kanal die eigenthümlichen Krümmungen erhalten hat.

Unmittelbar oberhalb jedes Rades ist ein Schütz angebracht, nämlich vor dem Mühlensrad das Schütz C, und vor dem Wurfrad das Schütz E. Ausserdem befindet sich ohnfern der obern Mündung jedes Kanales ein Schütz, und die beiden untern Mündungen des breiten Kanales sind gleichfalls mit Schützen versehen. Zum Bedienung und des Gebrauches der Maschine sind die Schütze des

engeren Kanales geöffnet, so wie auch im breiteren das *S* und die beiden mit *A*, oder andrenfalls die beiden mit *B* neten, während zwei der letzten geschlossen sind. Um die zu füllen, öffnet man *A* und *A'*, während *B* und *B'* geschlossen sind. Das Wasser strömt alsdann aus dem Oberwasser in die Schleusenkammer, und treibt das Mühlrad. Letzteres mittelbar das Wurfrad in Bewegung, welches das Wasser in den engeren Kanale nach dem Oberwasser treiben soll. Beim Leeren der Schleuse werden die Schütze *A* und *A'* geschlossen, dagegen *B* und *B'* geöffnet. Alsdann treibt wieder das in der Schleusenkammer abfließende Wasser in gleicher Richtung das Mühlrad, so wie auch das Wurfrad.

Die ganze Dauer des jedesmaligen Betriebes beschränkt sich auf wenige Minuten. Indem die beiden Räder aber nicht so leicht in Bewegung versetzt werden können, so verstreicht ein großer Theil der Betriebszeit, ehe die Räder die nöthige Geschwindigkeit angenommen haben, und wenn Dieses endlich geschehen ist, so hat die Niveau-Differenz zwischen dem jedesmaligen Ober- und Unterwasser des Mühlrades schon so sehr abgenommen, daß das Wurfrad nicht mehr die nöthige Kraft hat, um das Wasser bis zur Höhe des ganzen Schleusengefälles heraufzuwerfen. Der Schleusenwärter erzählte, die Maschine hätte, während er nur beim Füllen und Leeren der Schleusenkammer zu gebrauchen versucht, in dem engern Kanale gar keine Strömung nach dem Oberwasser hervorgebracht, wohl aber sei im Anfange und am Ende des jedesmaligen Betriebes auch durch diesen Kanal Wasser stark nach dem Unterwasser geflossen. Indem man sich überzeugt, dass der Grund hiervon nur darin gelegen, dass die Dauer der Bewegung zu kurz gewesen, theils aber auch das Unterwasser zu schnell gestiegen, oder das Oberwasser zu sehr gesunken sei, und dadurch das Rad an Wirksamkeit verlohren habe, so habe man versucht, die Maschine ganz unabhängig von der Schleuse (also als *Perpetuum mobile*!) zu benutzen. Man schloß die beiden Mündungen des weitem Kanales, welche in die Schleuse treten, *A'* und *B* geschlossen, und dagegen die beiden Mündungen *A* und *B'*, welche unmittelbar die Verbindung des Ober- und Unterwasser darstellen, geöffnet. Nunmehr habe die Maschine einen kräftigen Gang angenommen, und eine lebhaftere Strömung

engern Kanäle habe das Oberwasser, aus dem Unter-  
gespreist. Ganz unerwartet (wiewohl sehr natürlich!) habe  
ich aber nach einigen Stunden davon überzeugt, dass das  
Wasser, statt zu steigen, sehr merklich gefallen sei. Seit-  
dem die Maschine nie wieder in Gang gesetzt werden dürfen.

### §. 113.

#### Schiffschleusen mit beweglichen Kammern.

Nach dem bekannten hydrostatischen Grundsatz taucht ein  
schwimmender Körper so tief ein, dass das Gewicht der verdräng-  
ten Flüssigkeit seinem Gewichte gleichkommt. Wenn daher ein  
Schiff in eine Schleusenkammer hineingezogen wird, so fliesst aus  
dieser eine Wassermasse heraus, die eben so schwer ist, als das  
Schiff, und sie tritt in diejenige Kanalstrecke, aus welcher das  
Schiff kommt, und füllt genau denjenigen Raum, der dieses frü-  
her eingenommen hatte. Beim Ausfahren des Schiffes aus der Schleusen-  
kammer findet wieder dasselbe statt, nur mit dem Unterschiede,  
dass das Wasser aus der Kanalstrecke, in welche das Schiff ge-  
ht, in die Schleusenkammer fliesst. Hieraus ergibt sich,  
dass das Gewicht der gefüllten Schleusenkammer genau dasselbe  
ist, ob ein Schiff sich darin befindet, oder nicht. Hat man  
daher eine bewegliche Schleusenkammer, die durch irgend welche  
Vorrichtungen so gehoben und gesenkt werden kann,  
dass der Spiegel des darin befindlichen Wassers abwechselnd an  
den Wasserstand des Ober- und Unterkanals sich anschliesst,  
so ist das Gewicht dieser Kammer sich nicht, wenn auch ein  
Schiff oder leeres Schiff von der einen oder der andern Seite  
eingebracht oder herausgezogen ist. Jedesmal fliesst soviel  
Wasser hinein oder hinaus, dass das Gewicht des ganzen Inhal-  
tes eben so gross wird, als es früher war. Ein con-  
stantes Gegengewicht hält also einer solchen beweglichen Schleu-  
senkammer das Gleichgewicht, und zu ihrer jedesmaligen Bewe-  
gung, h. zum Heben oder Senken braucht man nicht mehr  
als zur Ueberwindung der Reibung und ihres Trägheits-  
momentes erforderlich ist.

Es lag demnach die Idee sehr nahe, die Schleusenkammer  
in besondern Kästen mit verschliessbaren Zugängen an



## 342 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen

beiden Enden darzustellen, und sie durch irgend welches Gegengewicht ins Gleichgewicht zu bringen. Die Schwierigkeiten der Ausführung sind dabei freilich sehr bedeutend, und man hat daher nach die wenigen Anlagen dieser Art nur auf sehr kleine Kanalschleusen beschränkt, es ist auch zweifelhaft, ob die Erfolge den Erwartungen vollständig entsprochen haben. Bei dieser Einrichtung tritt indessen gemeinhin der günstige Umstand ein, dass nicht nur der Wasserverlust beim Gebrauch dieser Schleusen aufgehört, selbst in dem Falle, wenn man die Betriebskraft durch ein geringes Uebergewicht der jedesmaligen Füllung aus dem Oberwasser darstellt, sondern dass sogar etwas Wasser geholt oder das Oberwasser aus dem Unterwasser gespeist wird. Wenn nämlich der ganze Güterverkehr, wie gewöhnlich, abwärts gerichtet ist, also die Schiffe in der Schleuse beladen herabsteigen, während sie darin leer heraufkommen; so ist die Wassermenge in der aufsteigenden Schleusenkammer jedesmal um das Gewicht der Schiffsladung grösser, als in der herabsinkenden, oder es wird Wasser bei jedem Zurückgange der Kammer dem Oberwasser aus dem Unterwasser zugeführt.

Im Jahre 1792 wurde in England an einen gewissen Robert ein Patent ertheilt, welches sich auf Schleusen-Anlagen dieser Art bezog. Das Gegengewicht sollte dabei allein durch das in der Schleusenkammer umgebende Wasser dargestellt werden. Die Kammer bestand aber aus einem hohlen Cylinder, der vollständig in einem weiten Brunnen oder Schacht versenkt, und so schwer sein sollte, wie das verdrängte Wasser, so dass er also leicht in jede beliebige Höhe gebracht, und darin gehalten werden konnte. Durch besondere Vorkehrungen musste dafür gesorgt werden, dass der Cylinder stets in horizontaler Lage blieb, auch nicht etwa um seine Axe sich drehte, so wie man ferner, dass er sich mit seiner Endfläche an die Seitenwand des Kanals dicht schliessend anlegte, mit der er gerade in Verbindung gesetzt werden sollte. In dem Cylinder war soviel Wasser eingelassen, dass das Schiff darin schwimmen konnte, und das Wasser diente zugleich zu der nöthigen Belastung des ersten. Man liess den Cylinder jedesmal so hoch steigen, oder so sinken, dass der Wasserstand in demselben mit dem des Kanals übereinstimmte, alsdann schloss man ihn wasserdicht an die Seitenwand an.



des Brunnens oder Schachtes an, und öffnete hierauf in dieser, als in der kreisförmigen Stirnfläche des Cylinders die Schütze. Das Wasser im letztern stellt sich alsdann im Kanale befindlichen in Verbindung, und das Schiff aus dem einen in das andere fahren. Um den Cylinder in Bewegung zu setzen, waren einige Pumpen angebracht, mittelst der die darin eingeschlossene Wassermenge vermehren oder vermindern konnte. Im ersten Falle senkte sich der Cylinder, im andern stieg er. Diese Pumpen wurden aber von der auf dem Cylinder selbst befindlichen Mannschaft in Bewegung gesetzt. Endlich wäre noch darauf aufmerksam zu machen, daß der Wasserstand im Brunnen oder Schachte ansehnlich höher als das Oberwasser gehalten werden mußte, damit der Cylinder selbst beim Anschliessen an Letzteres noch stets vollständig mit Wasser blieb.

Wie abentheuerlich diese Erfindung auch erscheinen mag, so wurde sie wirklich ausgeführt. Der Ingenieur William Smith ließ in den Jahren 1796 und 1797 auf einer Abzweigung des Great-Oxford-Kanales bei Dunkerton ohnfern Bath eine solche Schleuse von 44 Fuss Gefälle. Sie sollte zum Durchgange von Schiffen dienen, die 70 Fuss lang und 7 Fuss breit waren. Im Jahre 1798 wurden durch dieselbe wiederholentlich Schiffe durchgelassen, jedoch nur versuchsweise, indem der übrige Theil des Kanals noch nicht fertig war. Ehe die Schleuse aber in Gebrauch kommen werden konnte, stürzten schon in demselben Jahre die Wände des Brunnens oder Schachtes ein, und man hat seitdem diese Schleuse in Stand gesetzt, noch einer andern dieselbe Erfindung gegeben.

Um ungefähr in derselben Zeit, nämlich im Jahre 1794, wurde auch in England auf eine ähnliche Erfindung ein Patent genommen, wenn auch etwas leichter ausführbar, dennoch niemals in Ausführung gekommen ist. Die Schleusenammer besteht in diesem Falle aus einem Kasten, welcher der gewöhnlichen Schleusenammer ähnlich, mit Boden und Seitenwänden versehen und oben offen ist. Er sollte nicht selbst den eintauchenden Körper bilden, sondern vielmehr mittelst einiger Stützen von geringem Querschnitt in einem Schwimmtrichter getragen werden. Der Wasserstand im Schwimmtrichter, worin der Schwimmer und die Schleusenammer

## 344 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen

sich bewegten, musste unter dem des Unterwassers bleiben, so dass die Kammer niemals eintauchen durfte, wodurch das Gleichgewicht wesentlich gestört worden wäre. Schon die erwähnten Störungen stören dasselbe einigermaassen, wenn sie tiefer eintauchen und weiter heraustreten, aber der Einfluss derselben ist nicht von Bedeutung, wenn sie nur geringen Querschnitt haben, und man kann den durch sie veranlassten Druck, der bald aufwärts, und bald abwärts gerichtet ist, sogar vortheilhaft benutzen, um die Schleusenkammer in Bewegung zu setzen, oder während sie in Bewegung ist, zum Stillstande zu bringen. Nach einer Mittheilung von Clapman soll eine Schleuse dieser Art auf dem Ellesmere-Kanal ausgeführt sein; Dutens\*) suchte dieselbe aber vergeblich, und überzeugte sich, dass keine solche in England existire. Schon genau dieselbe Einrichtung ist in neuester Zeit nochmals in England patentirt worden, und zwar hat Simpson die Erfindung unter dem Namen des hydro - pneumatischen Elevators in Anspruch genommen.

Schon im vergangenen Jahrhunderte wurde von James Anderson in Edinburgh eine andre Art der Darstellung des Gleichgewichtes für die bewegliche Schleusenkammer angegeben, die später Brownill in Sheffield wiederholte, die aber, wie es scheint, erst in neuester Zeit am Grand-Western-Canal zur Ausführung gebracht ist. Sie unterscheidet sich von den beschriebenen Einrichtungen wesentlich dadurch, dass zwei bewegliche Kammern angebracht werden, die sich gegenseitig in entgegen gesetzten Stellungen im Gleichgewichte halten, und von denen die eine heraufsteigt, während die andre herabsinkt, die also gleichzeitig ein Schiff heben und eins herablassen. Sowohl der Oberr als Unterkanal müssen aus diesem Grunde in zwei Arme getheilt werden, von denen je einer mit der einen Schleusenkammer in Verbindung gesetzt wird. Die ganze Anordnung, wie sie beschrieben ist, und im Gebrauche, auch zweckmässig befunden ist, verdient eine nähere Beschreibung. Die folgenden Angaben sind den Mittheilungen des Ingenieur James Green\*\*) entnommen.

\*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris 1819. pag. 37.

\*\*) *The Engineer and Machinist.* November 1850. pag. 330.

\*\*\*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers II.* pag. 10.

Fig. 357 stellt die Einrichtung dieser Schleuse dar, nämlich der Ansicht von oben, *b* im Längendurchschnitt und zwar zwei verschiedenen Vertikal-Ebenen, so dass man die beweglichen Schleusenammern darin sehn kann, und *c* die Ansicht des ganzen Baues von der Seite des Unterkanals.

Der Grand-Western-Canal, bei dessen Anlage im Jahre 1796 auf die Erbauung von geneigten Ebenen und andern Mitteln zur Ueberwindung der starken Gefälle Rücksicht genommen verbindet zwar die Themse mit der Severn, wird aber wegen ungünstigen Lage nur zum Zwischenverkehr benutzt, und teilweise werden darauf die aus nahe gelegenen Bergwerken stammenden Kohlen, so wie auch Kalk transportirt. Sehr kleine Schiffe, die nur 26 Fuss lang und  $6\frac{1}{2}$  Fuss breit sind und 2 Fuss vertauchen, wenn sie beladen sind, befahren ihn. Die Ladung derselben beträgt 8 Tons oder 160 Centner, daher kann jedes vier beladene, oder acht unbeladene Schiffe mit Leichtigkeit ziehn. Die Transportkosten wurden aber sehr vertheuert, da der Zug häufig durch Schleusen unterbrochen war, wobei die Schiffe von einander getrennt und einzeln durchgezogen werden mussten, und das Pferd nebst dem Treiber zu Hilfe gezwungen waren, bis das letzte Schiff des Zuges hingegangen war. Dieser Umstand gab schon Veranlassung, andere Einrichtung zu wählen, wobei das ganze Gefälle von 100 Engl. oder 44 Fuss 8 Zoll Rheinländisch auf eine einzige Schleuse concentrirt wurde, und alle übrigen fortfielen. Ausserdem hatte es diesem Kanale, so lange die gewöhnlichen Schleusen darauf benutzt wurden, auch an Wasser gefehlt. Dieses war weiter eben so wichtiger Grund zu seiner Veränderung.

Die beiden Arme des Oberkanals, so wie die des Unterkanals, endigen vor starken Stirnmauern, welche unter sich durch Seitenmauern und einen Mittelpfeiler verbunden sind, und ein festes Wehr bilden. Der Mittelpfeiler, der sich sowohl nach oben als abwärts fortsetzt, trennt die beiden Kanalarme auf jeder Seite ausserhalb der Schleuse, und in derselben die beiden senkrechten Schachte, in denen die beweglichen Kammern auf- und abwärts gehn. Letztere finden in diesen Schachten hinreichenden Spielraum sich frei bewegen zu können, auch muss das Grundniveau in diesen so tief gehalten werden, dass die Kammern das-

selbe mit dem Boden noch nicht berühren, wenn sie auch in Unterkanäle in Verbindung gesetzt werden. Entgegenfalls würde das Gleichgewicht gestört und ihre freie Bewegung gehindert werden.

Jede Kammer ist so gross, dass eins der besagten Schiffe hineinfahren kann, und noch den nothwendigen Spielraum von einigen Zollen findet. Sie besteht aus holzernem Boden und hölzernen Wänden in den langen Seiten. Die Verbindung zwischen beiden ist durch eiserne Kniee im Innern dargestellt, und auf der äussern Seite, denselben gegenüber, starke Stangen angebracht und mittelst durchgehender Bolzen mit den Knieen verbunden sind. Die Fugen zwischen den Bohlen, die senkrecht nach der Länge der Schleuse laufen, sind in gleicher Art bei Schiffen durch eingetriebenes Werg und übergegossene Leinwand gedichtet. Die beiden kürzern Seitenwände jeder Kammer sind durch gusseiserne Rahmen gebildet, die mit den Enden der Seitenwände fest verbolzt, vorzugsweise die Stellung der Seitenwände gegen den Boden sichern. In diese Rahmen sind Nuthen eingelegt, und hierin bewegen sich die gusseisernen Schütze, die die Kammern an beiden Enden abschliessen. Vor jeder Kanal-Mündung ist ein gleicher Rahmen mit einem Schütze angebracht, und sobald die Verbindung zwischen einer Schleusenkammer und einem dieser Kanäle dargestellt wird, so lehnt man die Rahmen an einander und indem jedesmal derselben mit einem Flechtwerk aus getheerten Tauen verriegelt ist, so wird bei Anwendung eines starken Druckes ein wasserdichter Schluss bewirkt. Wenn alsdann die beiden Schütze gezogen werden, die sich schon beinahe berühren, so stellt sich die freie Verbindung zwischen der Schleusenkammer und dem Kanale dar, und die Schiffe können ungehindert aus- und einfahren.

Von den oben erwähnten Eisenschienen, welche die Kammern an der äussern Seite umfassen, setzen sich drei Paare über die Wände fort, und greifen im Abstände von etwa 3 Fuss von den Enden von drei gusseisernen Querbalken, woran die Kammern hängen. Durch die Mitte eines jeden derselben ist, wie Fig. 357 c zeigt, eine starke Tragstange gezogen, die mit Schraubengewinde versehen auf metallner Mutter dem Balken



Auf dieser Mutter kann man die drei Balken gleichmässig stützen, und die ganze Kammer in die angemessene Höhe setzen. Von den Tragstangen reichen jedesmal noch an die Enden der Balken ähnliche Stangen herab, um das Durchbiegen und Brechen der Balken zu verhindern. Auch diese Stangen können durch Schrauben nach Bedürfniss gespannt werden.

Die Tragstangen stehen in unmittelbarer Verbindung mit den Ketten, welche über grosse Räder gezogen sind, und die Kammern tragen. Die Ketten sind aus platten Gliedern vorzüglichsten Eisen zusammengesetzt, die durch kurze doppelt-Zwischenglieder, wie in Uhrketten, mit einander verbunden sind.

Diese Verbindung wird durch stählerne Bolzen dargestellt. Die erwähnten drei grossen Räder aus Gusseisen sind mit Rillen, worin die Ketten laufen, mit flachen Zähnen versehen, die regelmässig zwischen die Verbindungs-Glieder der Ketten eingreifen, und dadurch ein mögliches Gleiten der letztern verhindern. Die Räder halten 16 Fuss im Durchmesser, und die mittlere ist neben der Rille noch mit einem gezahnten Kranze versehen, in welchen an jeder Seite ein Getriebe eingreift, das mit zwei Bremsen, theils aber auch durch Räderwerk mit Kurbeln in Verbindung steht, um, wenn es nöthig sein sollte, die Kammern auch ohne Uebergewicht bewegen zu können.

Auf die Seitenmauern, so wie auch auf den Mittelpfeiler sind vier gusseiserne hohle Säulen von 9 Fuss Höhe über der Mauerkrone und 1 Fuss Durchmesser aufgestellt. Sie tragen einen aus gusseisernen Rahmen, auf welchem die zweimal gekuppelte Axe der drei Räder ruht. Letztere ist 10 Zoll stark und hält 22 Fuss lang und besteht aus geschmiedetem Eisen. Betreff des Mauerwerks ist noch zu erwähnen, dass der Mittelpfeiler mit überwölbten Galerien und Treppen versehen ist, so dass man darnach zu den Schleusenkammern hinabsteigen kann, wo sie sich in der Höhe des Unterkanals befinden. Ausserdem ist der Mittelpfeiler auch nach der Quere durch sechs grosse halbrunde Oeffnungen unterbrochen, um theils die Mauermaasse etwas zu verringern, theils aber auch um die Räume zu vergrößern.

Es ist schon erwähnt worden, dass die eisernen Rahmen an den kurzen Seiten der Schleusenkammern sich an diejenigen,



welche an den Enden der Kanäle angebracht sind, scharf schliessen, sobald sie dagegen gepresst werden. Die Vorrichtungen zur Darstellung dieses Druckes sind für die Oberkanäle dieselben, wie für die Unterkanäle. Bei jenen sind jedesmal dem Rahmen, der einen Kanal begrenzt, zwei starke eiserne Ketten gezogen, die sich horizontal zu beiden Seiten des Schachtes bis an dessen hinteres Ende fortsetzen. Hier sind sie mit Seilen bewunden versehen, welche durch einen starken gusseisernen Arm greifen, und indem die Schraubenmuttern hinter demselben durch eine Winde in Bewegung gesetzt werden, so lehnt sich der Arm an den hintern Rahmen der Kammer und presst die ganze Kammer gegen den Oberkanal, so dass sie sich wasserdicht an diesen anschliesst.

Neben der Sohle jedes Schachtes sind dagegen zu demselben Zwecke zwei aufwärts gerichtete gusseiserne Keile angebracht, gegen welche die herabsinkende Schleusenkammer mit dem hintern Rahmen sich lehnt, und dadurch von selbst an den Rahmen vor dem Kanale mit hinreichendem Drucke gepresst wird.

Eine wesentliche Störung des Gleichgewichtes entsteht noch durch die stets wechselnde Vertheilung des Gewichtes der schweren Ketten, woran die Schleusenkammern hängen. Sobald die Bewegung nämlich beginnt, befindet sich der grösste Theil dieser Tragketten auf der Seite derjenigen Kammer, welche gehoben werden soll, und es wäre daher ein bedeutender Ueberschuss an Kraft erforderlich, um die Bewegung eintreten zu lassen. Sobald letztere aber begonnen hat, würde sich sogleich das Uebergewicht der ansteigenden Kammer vermindern, in der That des Weges ganz aufhören, und weiterhin auf der entgegengesetzten Seite, nämlich auf der Seite der herabsinkenden Kammer, eintreten, so dass diese mit stets zunehmender Beschleunigung abfallen und endlich auf die Sohle des Schachtes scharf aufsetzen würde, während die plötzliche Unterbrechung der Bewegung der andern Kammer, welche frei in der Kette hängt, noch den denklichern Folgen haben könnte. Diese Uebelstände sind daher zu vermeiden, dass an den Boden jeder Schleusenkammer noch andre Ketten gehängt sind, welche dem Gewichte nach mit den Tragketten übereinstimmen. Bei jeder Stellung der Kammer sind diese Ketten unter sich und mit den Tragketten im Gleich-

denn von jeder Seite einer Rolle hängt stets eine Kette an der Sohle des Schachtes herab, und indem der untere Theil der Ausgleichungs-Ketten auf dem Boden liegt, so bleiben die Enden der herabhängenden Theile der Ketten und folglich auch die Gewichte einander gleich. Die Sohlen der Schächte müssen so tief gesenkt sein, dass die Schleusenammern, wenn sie in tiefste Stellung einnehmen, nicht auf die Ketten aufstossen. Um die Bewegung der Kammern eintreten zu lassen, wird sowohl das Räderwerk mittelst der beiden Kurbeln in Betrieb gesetzt, als man vielmehr jedesmal in derjenigen Kammer, die mit dem Oberwasser verbunden wird, durch geringe Ueberhöhung des Wasserstandes einiges Uebergewicht darstellt, so dass sie von selbst herabsinkt, und man die Bewegung beider Kammern allein durch die Bremse reguliren kann. Man hat geglaubt, dass ein Uebergewicht von 1 Ton zu diesem Zwecke vollkommen genügt. Indem aber jede Kammer im Innern 29 Fuss hoch und 7 Fuss breit, so stellt dieses Uebergewicht sich schon ein, wenn der Wasserstand um nahe 2 Zoll vermehrt wird. Man hat demnach die Tragegestangen so ein, dass während das Niedersteigen einer Kammer sich an das des Unterkanales anschliesst, das Niveau der andern 2 Zoll unter dem des Oberkanales steht. In dieser Lage die Verbindung mit dem Oberkanale darstellt, wird, so fließt aus demselben soviel Wasser hinzu, dass das Uebergewicht von selbst eintritt.

Nusser dieser Wassermenge muss man auch noch auf einen Verlust wegen Undichtigkeit der Fugen und wegen jedesmaligen Füllung des Raumes zwischen den beiden Schützen rechnen. Man schlägt denselben wieder zu 1 Ton für jede Schleusung an. Man würde der ganze Bedarf, der jedesmal aus dem Oberwasser entnommen wird, 2 Tons betragen. Indem jedoch auf den Kanälen alle beladenen Schiffe herabgehn, und nur leere kommen, so bringt jede aufsteigende Schleusenammer dem Oberkanale 8 Tons Wasser mehr zu, als sie beim Herabgehn zurücknimmt. Das Oberwasser wird demnach mit Rücksicht auf jene Verluste dennoch bei jeder Schleusung mit 6 Tons oder mit 180 Kubikfuss Wasser gespeist.

Noch verdient die Geschwindigkeit Erwähnung, womit die Schiffe durch diese Schleuse hindurchgeführt werden. Die

Kammern nehmen, nachdem die obere gelöst ist, von selbst schnelle Bewegung an, die man mittelst der Bremse mässigen muss. Die untere Kammer schliesst sich schon in Folge des Druckes, den jene Keile auf sie ausüben, an den Unterkammer die obere muss man dagegen mittelst der erwähnten Schrauben herandrücken. Einige Umdrehungen der Kurbel sind hierzu genügend. Die Schütze der Kammer und des anstossenden Kanals werden durch besondere Windevorrichtungen gleich gefasst, und indem entsprechende Gegengewichte angebracht, hebt man beide sehr schnell so hoch, dass die Schiffe durchfahren können. Die ganze Dauer einer Schleusung mit dabei vorkommenden Verrichtungen beschränkt sich auf 3 Minuten. In dieser Zeit wird also ein Schiff 46 Fuss hoch gehoben und ein anderes eben so tief gesenkt.

Nach dieser Mittheilung scheint die Einrichtung ihrem Zwecke vollständig zu entsprechen, und sogar überraschende Resultate zu ergeben; die Aeusserung, welche Green derselben zuschreibt, lässt indessen vermuthen, dass dennoch eine weit bessere Vorsicht, als beim Gebrauche gewöhnlicher Schleusen erforderlich ist, um den Betrieb zu sichern und leicht zu machen, Unfälle zu vermeiden.

Man nennt in England die bisher beschriebenen Einrichtungen, wobei die Schleusenkammern lothrecht gehoben und gesenkt werden, *Perpendicular Lift* oder lothrechten Hub, doch ist dieser Name auch diejenigen Anstalten, wodurch nicht die Schleusenkammer mit dem Schiffe, sondern das Schiff allein, wohl nur die Ladung desselben, die alsdann aber in einem Kasten liegt, aus einem Kanale in den andern senkrecht aufgewunden, oder herabgelassen wird. R. Fulton schon am Schlusse des vergangenen Jahrhunderts eine Einrichtung dieser Art an, wobei die Schleusenkammer gleichfalls blieb, jedoch nicht senkrecht, sondern horizontal vor- und zurückgeschoben wird \*). Der Oberkanal sollte darnach mit einer unteren Kammer in Verbindung gesetzt werden, die aus einem Kasten bestehend auf Rädern ruhte, welche auf einer

---

\*) *A Treatise on the Improvement of Canal navigation* London 1796.

gen Eisenbahn liefen. Der Unterkanal sollte sich bis unter Eisenbahn fortsetzen, so dass ein in demselben schwimmendes Schiff soweit vorgeschoben werden konnte, bis es sich lothunter der Schleusenammer befand, während diese noch mit Oberkanale in Verbindung war. Ueber Letzteren wollte er eine Windevorrichtung stellen, mittelst deren ein Kasten, der die Ladung des in der Kammer befindlichen Schiffes enthielt, so weit gehoben wurde, dass man die Kammer darunter vorschieben konnte. Man sollte dieser Kasten in das untere Schiff herabgelassen werden. Es leuchtet ein, dass nur eine mässige Kraft hierbei erforderlich ist, wenn sämtliche Frachten abwärts gehen, und die Anbringung passender Gegengewichte lässt sich die Bewegung und namentlich das Heben der leeren Kasten noch mehr erleichtern. Fulton wollte namentlich in Brunnen, die bis zum Wasser herabreichten, grosse eiserne Gefässe auf- und abwärts lassen, die beim jedesmaligen Herablassen einer Ladung den Oberkanale Wasser zuführten, während sie beim Heben des Kastens leer zurückgingen.

Die sämtlichen Vorrichtungen dieser Art, wobei die Schleusenammer nicht beweglich ist, oder vielleicht gar keine Schleusenammer vorkommt, gehören eigentlich nicht in diesen Abschnitt. Wir dürfen indessen nicht ganz übergangen werden, und sollen mit wenig Worten noch angedeutet werden.

Am einfachsten ist es, das Oberwasser durch ein festes Wehr vom Unterwasser zu trennen, und auf das Wehr einen Ausleger zu stellen, der mittelst des Auslegers auf der einen Seite die Ladung stückweise aus einem Schiffe hebt, und sie auf der andern Seite in ein Schiff herablässt. Die beiden Wasserbassins sind auf diese Weise gar nicht in schiffbarer Verbindung, und man muss besondere Schiffe im Ober- und im Unterkanale halten. Dem gegenwärtig eingegangenen Münsterschen - oder dem Clemens Kanale hatte man in der That zu diesem Mittel Zuflucht nehmen müssen. Die grosse Schleuse, die steinerne Schleuse genannt, deren schon oben (§. 100) erwähnt worden ist, diente, wenn sie auch nur selten benutzt wurde, mehr Wasser die Speisequellen lieferten. Sie war daher schon seit einer Reihe von Jahren durch einen Fangedamm im Oberhaupten geschlossen, während man die Unterthore ausgehoben hatte. Auf



dem Oberhaupte stand aber ein Krahn, mittelst dessen die umgeladen wurden.

Wichtiger ist die bei Freiberg gewählte Einrichtung Heben und Herablassen der kleinen Schiffe, die gepochten Erze dem Amalgamir-Werke zuführen. In dieselbe beschreiben, wie ich sie im Jahre 1823 gesehen. Gegenwärtig soll eine wesentlich veränderte Anordnung gewesen sein. Der Kanal von etwa 13 Fuss Breite zieht sich in der Mulde hin, und steigt plötzlich 18 Sächsische Ellen 35 Fuss Rheinländisch auf das höhere Ufer. Der Oberkanal durch Seitenmauern eingeschlossen, worin im Abstände von 5 Fuss zwei Reihen Dammbalken sich befanden. Der Zwischenraum war mit zähem Thon ausgeschlagen, und bildete den gedamm, oder das Wehr, welches den Oberkanal vom Unterkanal trennte. Die beiden Mauern erhoben sich noch über das Wasser, und setzten sich in gleicher Höhe über das Ende des Unterkanals fort, indem sie theils die bewegliche Winde trugen, theils das Heben der Schiffe, theils auch eine leichte Bedachung bildeten. Auf den innern Rändern der Mauer lagen Balken, die mit eisernen Zähnen versehen waren. In letztere griffen die Zähne der hölzernen Räder unter der Winde ein, weil man hier eben, wie bei den ersten Versuchen zur Darstellung von Locomotiven, die Reibung eines Rades gegen die Bahn nicht für genügend hielt, um das Gleiten zu verhindern. Die Winde auf vier hölzernen Rädern ruhend, bestand aus zwei Trommeln, auf welche die Taue sich aufrollten, womit das Schiffchen gefasst wurde. Jede dieser Trommeln war mit einem Stirnrade versehen, und wurden durch ein gemeinschaftliches Getriebe mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt. Die erwähnten Taue wurden unmittelbar an das Schiff befestigt, vielmehr war jedes in einen Flaschenzug geschoren, der in jedem Block vier Scheiben hatte. An den untern Blöcken befanden sich je zwei Ketten, die mit Haken versehen in vier starke Bügel auf dem Borde des Schiffes eingehakt wurden. Sobald ein Schiff, das gehoben oder herabgelassen werden sollte, auf diese Art befestigt war, so drehte ein oder zwei Mann, je nachdem das Schiff beladen oder leer war, die Kurbel, und hoben es so hoch, dass es bei der horizontalen Bewegung der Winde den Fangedamm nicht mehr berührte.



alsdann frei an der Winde, und wurde mit dieser bis über andern Theil des Kanales bewegt, in welchen man es her-  
brachte. Die Ladung der Schiffe betrug nur 20 Centner.

Ausser der senkrechten und der horizontalen Bewegung, welche die Schleusenammern machen lässt, können dieselben auch auf geneigten Ebenen hin- und hergezogen werden, indem sie sich abwechselnd an das Ober- und Unterwasser anschliessen, die Verbindung zwischen beiden darstellen. Einrichtungen dieser Art sind mehrfach vorgeschlagen worden, nach manchen Nachrichten in Zeitschriften sollen sie auch in Amerika vorkommen. Dieses scheint indessen nicht der Fall zu sein und ist wohl nur auf einer Verwechselung, indem die Wagen, welche auf geneigten Ebenen hier befahren, nicht die ganzen Schleusenammern, sondern nur die Schiffe tragen. Von diesen Einrichtungen wird im Folgenden ausführlicher die Rede sein. Auf dem Caledon-Canale, der sich ohnfern Glasgow an den Forth- und Clyde-Canal anschliesst, hat man aber in der That in neuester Zeit jenes System, wonach die ganze Schleusenammer auf einer geneigten Ebene sich bewegt, zur Ausführung gebracht.

Ein Project dieser Art empfahl schon im Jahre 1839 der Ingenieur Andrew Thomson, und obwohl Macneill und Leslie sich dagegen aussprachen, so entschloss die Actien-Gesellschaft sich doch zur Erbauung gewöhnlicher Schiffschleusen, wodurch sie den Verkehr mehr gesichert glaubte. Die Erfahrung zeigte indessen bald, dass die Zuflüsse des Kanales zur Speisung dieser Schleusen nicht genügten. Man war daher gezwungen, hiervon abzugehen, worauf vor wenig Jahren Thomson's Plan mit geringen Abänderungen durch Leslie zur Ausführung gebracht wurde.

Die Schiffe, welche diesen Kanal befahren, haben weit grössere Dimensionen, als jene, die in den beweglichen Kammern des Forth- und Western-Canales auf- und absteigen. Sie sind 70 Fuss lang und 12 Fuss 8 Zoll Englisch breit. Um sie schwimmend zu heben und zu senken, musste man entsprechende Schleusenammern wählen, die wegen ihrer Grösse und ihres ganzen Bruttogewichtes nicht füglich in Ketten gehängt werden konnten. Auch zu überwindende Gefälle war hier viel bedeutender; es misst nämlich 96 Fuss Englisch oder nahe 93 Fuss Rheinländisch.

Eine Ebene, welche den Oberkanal mit dem Unterkanal verbindet, ist in den Anlagen, Handb. d. Wasserbauk. II, 3.

ist ein Zehnthel ihrer Länge geneigt, und im Ganzen 1030 F. Engl. oder 83½ Rheinländische Ruthen lang. Ihre Länge zwischen beiden Kanälen misst 960 Fuss, sie setzt sich aber noch 70 F. in die Unterkanäle fort, indem die beweglichen Schleusenkamern jedesmal so tief in das Unterwasser herablaufen, bis der innere und äussere Wasserstand gleiche Höhe haben.

Obwohl Thomson ursprünglich nur eine bewegliche Schleuse einzurichten beabsichtigte, so hat Leslie doch deren zwei angeführt, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Hierdurch wurde die Darstellung doppelter Anschlüsse, sowohl an den Unterkanal als an den Oberkanal bedingt, und diese sind dadurch gebildet, dass beide Kanäle wieder in je zwei Arme gespalten sind. In beiden obern Armen schliessen sich an eine starke Futtermauer, die zugleich die geneigte Ebene begrenzt. Diese Mauer ist mit Werksteinen verkleidet, und besonders an den Stellen, wo die beweglichen Schleusen sich wasserdicht anschliessen sollen, sorgfältig bearbeitet. In der Mündung jedes Kanalarms und in der Oeffnung der erwähnten Mauer ist ein einfaches Schleusenthor angebracht, das um eine horizontale Axe in der Schleuse gedreht werden kann, und den Kanal abschliesst, sobald er mit der Schleusenkammer verbunden ist. Zur Bewegung des Thors ist jedes derselben an einer Seite mit einem gezahnten Quadranten versehen, der durch eine Schraube gedreht wird.

Auf der geneigten Ebene liegen zwei Geleise von 7 F. Spurweite, welche die gegenüberstehenden obern und untern Kanalarms mit einander verbinden, und sich bis zu der erforderlichen Tiefe in den letztern fortsetzen. Der Abstand beider Geleise voneinander beträgt 18 Fuss. Die Schienen sind auf Längsschwellen befestigt, die am obern Ende der geneigten Ebene, wo die Maschine zur Bewegung der Kamern aufgestellt ist, frei liegen.

Die Wagen, worauf die beiden Schleusenkamern ruhen, bestehn eben so, wie diese, ganz aus Eisen. Die Kamern sind in gleicher Weise, wie eiserne Schiffe aus starken Blechen und Eckeisen, welche die Stelle der Balken und Stiele im Boden und den langen Seitenwänden vertreten, zusammengehiethet. An den Enden befinden sich eiserne Schütze, die an Ketten gehängt und mit Gegengewichten versehen, mittelst Kurbeln gehoben und herabgelassen werden. Ein hölzerner Ueberbau von etwa 6 F.

Die befindet sich auf jeder Kammer; derselbe dient theils zur Festigung der darin befindlichen Schiffe, vorzugsweise trägt er die Wellen, um welche jene Ketten geschlungen sind.

Damit die Schleusenkammer die horizontale Lage einnimmt, so der Wagen an einem Ende 7 Fuss höher sein, als am andern.

Dieses ist vorzugsweise durch die verschiedene Höhe der verschiedenen Stützen und Streben erreicht, welche unmittelbar die Kammer tragen. Aber auch der eiserne Rahmen, der auf den der Räder ruht, liegt nicht parallel zu der geneigten Ebene, da die Räder verschiedene Höhe haben und die Axenlager auf

Seite des Unterwassers etwas höher sind. Zehn Axen oder einzig Räder tragen den Wagen, davon halten sechszehn Räder Durchmesser 3 Fuss, zwei sind 2 Fuss 3 Zoll hoch und die vordern nur 1 Fuss 6 Zoll. Die Räder sind eben so wie

Schienen denjenigen gleich, die man bei Eisenbahnen anwendet. Das Gewicht jedes Wagens mit Einschluss der Schleusenkammer und deren Füllung beträgt 70 Tons, oder 1380 Centner.

Jeder Wagen wird durch ein besonderes Drahtseil heraufgezogen, oder daran herabgelassen. Dasselbe ist 2 Zoll stark und am hintern, oder der dem Unterwasser zugekehrten Seite befestigt. Unter dem Wagen sind mehrere starke eiserne Stützen angebracht, die um horizontale Axen beweglich, von selbst herabfallen, und sich in die geneigte Ebene zwischen die Schienen stellen. Sie ruhen während des gewöhnlichen Ganges auf dem Drahtseile, sobald dieses aber seine Spannung verliert, was natürlich beim Reißen des Seiles der Fall ist, so verlieren sie ihre Unterstützung, stossen auf den Boden und indem sie denselben tief einschneiden, bringen sie den Wagen zum Stillstande.

Die aufwärts gehende Schleusenkammer hat dasselbe Gewicht, wie die abwärts gehende, indem man in beiden gleichen Wasserschicht erhält. Hiernach ist eine äussere Kraft erforderlich, um die Bewegung hervorzubringen, sowie um die verschiedenen Reibungen zu überwinden, und um das Uebergewicht des ausgelaugten Drahtseils auszugleichen. Zu diesem Zwecke sind am obern Ende der geneigten Ebene zwei mit einander verbundene Hochdruck-Maschinen aufgestellt. Dieselben treiben eine Welle, an sich in der Mitte zwischen beiden Geleisen oder beiden Seiten des Oberkanals ein Getriebe befindet. Dieses greift in

ein eisernes Stirnrad von 10 Fuss Durchmesser, und letzteres ein zweites eben so grosses Stirnrad in Bewegung. Diese Stirnräder drehen sich daher in entgegengesetzter Richtung. Der derselben ist mit einer grossen Trommel von 16 Fuss Durchmesser und 3½ Fuss Breite verbunden. Diese Trommel liegt zwischen den Schienen beider Geleise, und zwar in solcher Lage, dass sie noch etwas darüber hinaufreichen, ohne jedoch von den Wagen berührt zu werden. Die Enden der Drahtseile sind an die Trommeln befestigt, und es leuchtet ein, wie die Dampfmaschinen bei dieser Verbindung das eine Seil auf eine Trommel aufwinden, während das andre sich abwindet, oder ein Seil hinauf- und der andre herabgeht.

Um ein regelmässiges Aufwinden der Seile zu veranlassen, ist vor den Trommeln noch eine besondere Führung angebracht, wodurch die Seile bei jeder Umdrehung um 2 Zoll seitwärts geschoben werden, und sich daher regelmässig, und ohne Drückung und Reibung aufrollen.

Nach dieser Beschreibung der ganzen Vorrichtung bleibt noch übrig über ihren Gebrauch mitzutheilen. Der erste Wagen, ehe die Bewegung beginnt, ganz im Unterwasser versenkt, hebt der obere Rand der Kammer und der hölzerne Ueberbau darüber hervor. Die Schütze können so hoch gehoben werden, dass die Schiffe darunter ungehindert hindurchgehn, die Gegengewichte hängen aber seitwärts und kommen mit den Schiffen nicht in Berührung. Der andre Wagen dagegen ist unmittelbar an die Mauer geschoben, welche den Oberkanal begrenzt, nachdem das Schiff, das herabgehn soll, hineingebracht, das Thor darin, sowie auch das Thor des Kanales geschlossen ist, man die Dampfmaschinen in Gang. Die Wagen nehmen nun nach und nach, wie das eine Seil sich weiter auszieht, und das andre sich verkürzt eine schnellere Bewegung an, so dass eine zu rasche Beschleunigung gegen das Ende des Weges durch vorzeitige Behandlung der Dampfmaschine verhindert werden muss. In 10 Minuten ist der erste Wagen bis an den Oberkanal aufgestiegen, während der zweite in den Unterkanal herabgelaufen ist. Letztern ist nichts zu erwähnen, aber der erstere muss so beschleunigt werden, dass zwischen der auf ihm ruhenden Schleusenwand und der Stirn der Kanalmauer ein möglichst wasserdichter S



sieht. Zu diesem Zwecke ist auf dem vorbereiteten vordern Ende der Kammer ein Flechtwerk von getheerten Tauen befestigt, an dem der Wagen wird noch durch eine besondere Winde gefasst, die mittelst langer Hebel scharf gegen die Mauer gedrückt, während ein Sperrhaken die Stellung der Winde sichert. Nichts desto weniger ist hierbei dennoch ein gewisser Wasserverlust unvermeidlich, und namentlich fließt der Inhalt des Raumes zwischen der Schütze der Kammer und dem Thore des Kanales jedesmal aus. Man fängt indessen auch diese Wassermasse in eine Rinne auf, und leitet sie in ein Bassin neben der Dampfmaschine, von wo die letztere, sobald nicht gerade Schiffe befördert werden sollen, das Wasser in den Oberkanal zurückpumpt \*).

## §. 114.

**Geneigte Ebenen.**

Im vorigen Paragraph ist bereits eine Schleuse beschrieben, in welcher bewegliche Kammern auf geneigten Ebenen auf- und abwärts fahren, und sich abwechselnd dem Ober- und Unterwasser anschließen. Wenn man aber geneigte Ebenen mit den zugehörigen Kammern und Wagen einrichtet, so giebt es kaum noch einen Grund, die ganzen Schleusenammern auf die Wagen zu stellen, vielmehr wird die Anlage viel einfacher und eine weit geringere Kraft ist zum Betriebe ausreichend, wenn man nur die Schiffe in Bewegung machen lässt. Ueberdiess umgeht man alsdann den leicht darzustellenden wasserdichten Anschluss der beweglichen Kammern an die Oberkanäle, und wenn die Frachten, wie gewöhnlich, abwärts gehen, so bildet das beladene herabfahrende Schiff schon das nöthige Uebergewicht, um das leer entgegenkommende heraufzuziehen. Eine solche Einrichtung ist in der That bei mehreren Kanälen, und zwar eben sowohl in England, als in Nord-Amerika getroffen und wahrscheinlich werden in kurzem auch bei uns Anlagen dieser Art zur Ausführung kom-

\*) Diese Beschreibung ist grossentheils aus den Mittheilungen in der Zeitschrift betitelt: *The Engineer and Machinist*, Juli und August 1850 entnommen, woselbst auch einige Zeichnungen die ganze Anordnung im Allgemeinen darstellen.



men, um die schiffbare Verbindung zwischen dem Drausen-See bei Elbing mit den Oberländischen Seen bei Mohrungen und Osterode darzustellen.

Man kann freilich besorgen, dass die Schiffe, indem sie auf Wagen gestellt werden, und besonders wenn sie beladen sind, durch die ungleichmässige Unterstützung und durch die Erschütterungen leiden, doch darf man nicht übersehen, dass die kleinen Schiffe flache Böden haben, sich also sehr sicher aufstellen. Andererseits sind die beweglichen Schleusenammern in weit höherem Grade denselben Beschädigungen ausgesetzt. Es leuchtet wenigstens ein, dass bei ähnlicher Construction das Schiff, welches blos ausschliesslich nur im Boden belastet ist, und mit dem Boden auf dem Wagen ruht, weniger bei der Fahrt leiden kann, als die Schleusenammer, welche auch dem Seitendrucke des darin enthaltenen Wassers ausgesetzt ist. Dazu kommt noch, dass letztere wegen der Schütze an den beiden Enden und wegen der fehlenden Querverbindung weniger Festigkeit besitzen, als die Schiffe. Hiernach hat die Benutzung der geneigten Ebenen zur unmittelbaren Förderung der Schiffe unverkennbare Vorzüge vor der Anwendung der auf Räder gestellten Schleusenammern. Diese Ansicht hat sich im Allgemeinen auch geltend gemacht, indem jene Anordnung schon vielfach zur Ausführung gebracht und schon langer Zeit im Gebrauche ist, während man diese wie erwähnt nur in einem einzigen Falle gewählt hat.

Die geneigten Ebenen, auf welchen Schiffe unmittelbar vom dem Oberwasser ins Unterwasser, oder umgekehrt herabgelassen oder heraufgezogen werden, sind verschiedenartig eingerichtet. Die älteste und gewiss die einfachste Art ihrer Benutzung ist diejenige, welche man auch heutiges Tages noch vielfach in den Niederlanden vorfindet, und die man Rollbrücken nennt (in den Niederlanden heissen sie *Overtoom's*). Sie haben mit einer Schiffsschleuse nichts gemein, und bestehen vielmehr nur in einem Wege, der gehörig befestigt und zu beiden Seiten mit flachen Rampen versehen, die Gelegenheit zum Herüberziehen von kleinen Fahrzeugen bietet. Gemeinhin bestehen die Rampen aus Bohlenböden, welche durch die darüber gleitenden Kähne so glättet und schlüpfrig erhalten werden, dass die Reibung nicht bedeutend ist. Ausserdem befindet sich über dem Scheitel

Nach noch eine hölzerne Welle, woran ein Tau befestigt ist, um das zu hebende Boot geschlungen wird. Die Welle hat jeder Seite ein Laufrad, zuweilen auch ein Spillrad, mit deren Hilfe man den nöthigen Zug ausübt. Sobald das Boot, das man hinab nur mit Milch, Butter u. dgl. beladen ist, an die Rollbrücke gelangt, so bringen es die beiden Personen, die es führen, in die passende Richtung und befestigen an sein hinteres Ende das um die Welle geschlungene Tau. Letzteres wird durch Drehen der Räder etwas angezogen, während eine der beiden Personen beim ersten Ansteigen des Bootes dasselbe noch gehörig richtet. Alsdann steigen beide Leute in die Laufräder, und wenn sie darin vorgehen, zieht sie vollends das Boot bis auf den Scheitel des Wehres, worauf es auf der andern Seite leicht abgestossen werden kann. Die Befestigung des Tames am vordern Ende des Bootes ist aber nöthig, um dasselbe bis unter die Welle oder bis auf den Scheitel des Wehres ziehen zu können. Neben der Laufräder, die sonst nur bei Kränen üblich sind, hat man in Holland die ganze Vorrichtung auch Doppelkräne, Vorzugsweise sind die Anlagen dieser Art auf Deichen gebracht, die von besonderer Wichtigkeit sind, und deshalb nicht durch Schleusen unterbrochen werden dürfen. Namentlich gilt dies von Binnendeichen, welche einzelne tiefer belegene Niederungen, oder sogenannte Meere einschliessen, die durch Schöpfmaschinen entwässert werden. In diesen Meeren sammelt man Regen- und Quellwasser in Kanälen, die auch mit Kähnen befahren werden. Wenn Letztere aber auf die andern höher gelegenen Kanäle ausserhalb der Umdeichung gebracht werden sollen, so finden eben diese Rollbrücken oder Doppel-Kräne ihre Anwendung.

Zuweilen wird die Anlage dadurch etwas vervollkommenet, wenn man auf beiden Rampen Rollen anbringt, auf welchen die Kähne hinübergezogen werden. Fig. 358 zeigt eine Rollbrücke dieser Art. *a* im Grundrisse und *b* im Längendurchschnitt. Die Art, wie die Kähne gewöhnlich befestigt werden, ist in diesen Figuren angedeutet. Die Rollen sind etwa 6 Fuss lang und 8 Zoll stark; an den Enden mit eisernen Axen und aufgesetzten eisernen Ringen versehen. Die Axen laufen in hölzernen Pfannen, aus kurzen Holzstücken bestehend, und diese sind

auf Schwellen genagelt, die durch einige Zangen unter sich verbunden sind. Der Abstand der Rollen von einander beträgt 3 Fuss, und sie liegen zu jeder Seite in einer Ebene, die um den fünften Theil ihrer Länge gegen den Horizont geneigt ist.

In England sind mehrere Kanäle mit geneigten Ebenen Schleusen, versehen, jedoch nur wenn die Schiffe sehr grossen Dimensionen haben. Dagegen hat man in Nordamerika das System auch bei Kanälen angewendet, welche von ziemlich kleinen Schiffen befahren werden. In beiden Fällen findet man die so eben beschriebenen Rollbrücken der wesentliche Unterschied, dass die Schiffe nicht unmittelbar über die geneigte Ebene oder die darauf angebrachten Rollen geschleift, vielmehr auf Wagen gestellt und mit diesen zugleich heraufgewunden und herabgelassen werden. Die Kraft, zur Bewegung der Wagen über hier niemals die Menschenkraft, sondern gewöhnlich die des Wassers, die zuweilen durch Dampfmaschinen unterstützt wird. Gemeinhin hat man sehr vortheilhaft das Compensations-System angewendet, indem die beladen herabfahrenden Schiffe die aufsteigenden über die geneigte Ebene in das Oberwasser ziehen.

Die erste geneigte Ebene dieser Art in England wurde nicht auf einem für den öffentlichen Verkehr bestimmten Kanale angeführt, sondern auf einem kleinen isolirten Kanale in der Grafschaft Shropshire, der nur den Zweck hatte, die Anfuhr von Eisenerze und Kohlen aus der Gegend von Oaken-Gates nach den Hüttenwerke bei Ketley zu erleichtern. Es handelte sich um einen Schiffahrtsweg darzustellen, der nur 640 Rheinfuss lang, also noch nicht ein Drittel Meile lang war, und der ein Gefälle von 70 Fuss erhalten musste. Die Erbauung gewöhnlicher Schleusen würde nicht nur die Anlage übermässig vertheuert, sondern auch den Uebelstand herbeigeführt haben, dass die kleinen Schiffe deren Anwendung durch die Natur des Bergwerks-Betriebes gar nicht, sondern einzeln von einer Schleuse zur andern hätten fahren müssen, während mehrere derselben bequem durch ein Pferd gezogen werden konnten, sobald der grösste Theil des Weges ohne Unterbrechung durch Schleusen zurückzulegen war. Dieses veranlasste William Reynolds, der dem Hüttenwerke bei Ketley vorstand, eine Kanalanlage auszuführen, wobei das ganze bedeutende Gefälle mittelst einer einzigen geneigten Ebene überwunden wurde.

selbe ist im Jahre 1788 erbaut. Sie ist aber nicht allein die erste Anlage dieser Art von Wichtigkeit, sondern die ganze Anordnung ist auch so zweckmässig und überlegt, dass schon in dieser Beziehung eine ausführliche Beschreibung derselben sich rechtfertigen wird, wenn gleich der damalige Zustand der Maschinenbaukunst heutiges Tages die genaue Wiedergabe der Constructionen nicht rechtfertigen würde. Die folgende Beschreibung ist vorzugsweise einem mir vorliegenden Reisejournal aus den ersten Jahren dieses Jahrhunderts entlehnt, sie ist nur in manchen Einzelheiten vervollständigt durch die Mittheilungen, die Dutens \*) über die geneigten Ebenen des Shropshirekanales macht. Diese sind zum Theile jener bei Ketley nachgebildet, so wie auch beide Kanäle mit einander in Verbindung stehen.

Fig. 359 zeigt den Längendurchschnitt durch eine Schleuse und in der Verlängerung derselben den Oberkanal und einen Theil der geneigten Ebene.

Die Schiffe, die man hier benutzt, sind sehr klein, und ihre Form ist ganz kastenförmig ohne Zuschärfung auf der einen, oder der andern Seite. Sie werden, wie bereits erwähnt, unmittelbar eines an das andre befestigt, so dass sie beim Befahren der horizontalen Kanalstrecke gleichsam nur ein langes Schiff bilden. Sie sind 19 Fuss lang, nahe 6 Fuss breit und 3 Fuss hoch, und werden mit 100 Centnern beladen, wobei sie etwa 2 Fuss tief gehen. Die Wagen, auf welche sie gestellt werden, sind mit vier Rädern versehen, von denen das eine Paar 2½, das andre dagegen nur 1½ Fuss hoch ist. Ueber dem ersteren findet ausserdem noch eine Auffütterung statt, so dass die Fläche, auf welche das Schiff sich aufstellt, in der Schleuse beinahe horizontal ist. In den langen Seiten der Wagen befinden sich leichte Verankerungen aus Holz, durch eiserne Zugstangen unterstützt, die theils die Seitenwände bilden, und theils auch zur Befestigung des Schiffes dienen, woran die Wagen heraufgezogen und herabgelassen werden. Zu diesem Zwecke sind die beiderseitigen Stiele oben durch einen Riegel verbunden, wie die vorlere Ansicht des Wa-

\*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre* Paris 1810.



gens Fig. 359 b zeigt. An diesem Riegel befinden sich aus jenem Haken zur Befestigung des Windetaues noch zwei Haken, und jedes Schiff ist vorn und hinten mit einem Haken versehen, in welche die Ringe an den Enden der Ketten eingreifen. Wenn ein Schiff in der Schleuse, oder im Unterwasser auf den Wagen gebracht werden, der so tief im Wasser stehen muss, dass nur der obere Riegel und die Seitenstiele darüber vorstehen, so zieht man das Schiff in dieses Portal hinein, und befestigt die eine Kette sofort an den vordern Haken des Schiffes, wodurch schon das zu weites Vortreten des letztern nach vorn verhindert wird, worauf hängt man den Ring der zweiten Kette an den hintern Haken des Schiffes. Diese Operation und eben so auch das Anspannen der Ketten bietet keine Schwierigkeit, indem die Ketten solange das Schiff noch schwimmt, schlaff bleiben, und erst gespannt werden, sobald das Schiff sich auf den Wagen aufstellt. Der Spielraum zwischen den erwähnten Verstreibungen und den Schiffswänden ist aber so geringe, dass beim Sinken des Wassers das Schiff sich schon von selbst mit hinreichender Genauigkeit auf den Wagen aufstellt.

Die Räder sind mit doppelten Spurkränzen versehen, und fassen also von beiden Seiten die schmalen auf Langschwellen genagelten Schienen. Querschwellen stellen in geringen Entfernungen die Verbindung der Langschwellen dar, um die parallele Lage der Schienen zu sichern. Jedes Rad hat seine besondere kurze Axe. Es ergibt sich hieraus, dass die Anordnung der Räder, wenn sie auch der auf den heutigen Eisenbahnen übliche ohne Zweifel nachsteht, doch bereits zweckmässiger ist, als manchen der ältern Eisenbahnen, wobei nämlich die Räder auf Spurkränzen in vertieften Rinnen liefen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Bahn sich weit genug in das Unterwasser setzen muss, damit das Schiff, ohne noch auf dem Wagen aufzustehen, vollständig schwimmen kann. Die Wagen sind aber so schwer beschlagen, dass sie bei solcher Eintauchung noch nicht auf der Bahn stehen, und vom Wasser nicht gehoben werden.

Die Ebenen sind  $21\frac{1}{4}$  Grad gegen den Horizont geneigt, oder sie haben eine zweifache Anlage. In ihren Fortsetzungen bis in die Schleusenkammer sind dagegen die Neigungen bedeutend flacher, wie die Figur zeigt.



Die beiden geneigten Bahnen, auf deren einer jedesmal ein Schiff herabgeht, während auf der andern ein leeres gezogen wird, liegen nicht unmittelbar neben einander, vielmehr sind die beiden innern Geleise 7 Fuss von einander entfernt. Die Breite jedes Geleises beträgt 6 Fuss. Auf diese Weise ist zwischen den beiden Schleusen noch ein 5 Fuss breiter Raum frei, und diesen hat man zur Darstellung eines Bassins an, in welches bei der jedesmaligen Entleerung einer Schleusenkammer deren Inhalt hineinfließt. Dieses geschieht mittelst eines von denen man das eine bei *D* sieht. Das im erwähnten Bassin aufgefangene Wasser wird durch einen in der Mauer angebrachten Kanal, den man bei *G* bemerkt, abgeleitet, und in einem zweiten grössern Bassin aufgesammelt. In letzteres fließt auch das Wasser, welches aus der Schleuse wegen mangelhaften Schliessens hinausquillt, indem es in einem ausgemauerten Kanale am obern Ende der geneigten Ebene abgelenkt wird, der es nach diesem Bassin führt. Beide Leisen haben nur schwache Gefälle und sonach beträgt die Niveau-Unterschied zwischen dem letzten Bassin und dem Oberwasser des Kanals nur etwa 15 Fuss, und eine kleine Dampfmaschine genügt, um dieses Wasser wieder in den Oberkanal zurückzuspülen.

Jede Schleusenkammer ist so weit, dass sie so eben einen Wagen aufnehmen kann. Indem die Eisenbahn sich über den Boden fortsetzt, fährt der Wagen jedesmal sicher aus und ohne die Wände zu berühren. Den Abschluss gegen das Wasser bildet ein einfaches Schleusenthor, welches die gewöhnliche Öffnung überspannt. Die Figur zeigt dasselbe geschlossen, die Kammer entleert, indem der Wagen mit dem Schiffe in die Kammer hineingezogen wird. In dem Oberthore befindet sich ein Ventil zum Füllen der Kammer.

Gegen die geneigte Ebene wird die Kammer durch ein Schütz geschlossen, welches man geöffnet sieht. Dasselbe hängt an zwei Ketten, die zweimal um dieselbe hölzerne Welle geschlungen an beiden Enden durch ein daran gehängtes prismatisches Stück Eisen *C* gespannt werden, welches sonach als Gegengewicht des Schützes dient. Wenn das Schütz gehoben und das Gegen-

gewicht herabgelassen ist, schweben beide so hoch, dass der Wagen noch darunter fortfahren kann. Das am Wagen befestigte Windetau hindert aber nicht die Bewegung, oder den Schluss des Schützes, indem dasselbe nur herabgelassen wird, wenn der Wagen sich in der Kammer befindet. Um das Schütz mit Leichtigkeit heben und senken zu können, ist es so abgeglichen, dass das Gegengewicht nicht vollständig ihm das Gleichgewicht sondern es von selbst herabsinkt. An dem Ende der ersten Welle, befindet sich eine Trommel II, um welche gleichfalls ein Seil geschlungen ist, welches sich um eine kleinere Trommel windet, deren Axe mit der Kurbel F und ausserdem mit einem Sperrrade versehen ist. Mittels dieser Kurbel wird das Schütz gehoben und gesenkt.

Das Windetau, woran jeder Wagen heraufgezogen und herabgelassen wird, schwebt über der Mitte seiner Bahn und der Mittellinie der Schleuse. Wenn es weit ausgezogen ist, hängt es in der Bucht bis auf die geneigte Ebene herab, damit es auf derselben nicht schleife, so sind längs der Bahn Entfernungen von etwa 15 Fuss Leitrollen angebracht. Das Windetau, mittelst einer kurzen Kette an den Riegel des Portales, dem Wagen befestigt, ist zunächst über eine grosse Scheide gezogen, die keinen andern Zweck hat, als den Wagen ganz in die Schleuse hineinzubringen, indem die bequeme Behandlung der ganzen Maschine ein so weites Zurückstellen der Hauptmaschine nicht gestattete. Diese Trommel in der Figur mit M bezeichnet befindet sich über der Schleusenkammer und ist aus Holz zusammen gesetzt. Sie verlängert sich aber über das zweite Bassin fort bis über die zweite Kammer. Die Windetaue für beide Bahnen sind um sie geschlungen und mit ihren Enden daran befestigt. Die Windungen sind aber entgegengesetzt, so dass die Drehung der Trommel das eine Tau nachgelassen, und das andere angezogen wird. Die ausgezogenen Linien zeigen das vordere Tau, die punktirte Linie dagegen das der hintern Kammer. Wenn die Trommel sich demnach selbst überlassen, so würde bei starker Neigung der Bahnen das beladene Schiff mit zunehmender Geschwindigkeit herablaufen, und in gleicher Art das unbeladene heraufkommen. Um die Bewegung zu mässigen, befindet sich in der Mitte der Trommel ein grosses Bremsrad N. Das

theils durch den Rahmen, der es umschliesst, schon gesperrt, indem beim Andrücken des Hebels *P* die beiden Brems-*S* gegen den Umfang des Rades wirken. Ausserdem dient aber auch noch die unter dem Rade angebrachte, gleich- mit Holz ausgefüllte Bremskette, die mittelst des Hebels gespannt wird.

Diese verschiedenen Einrichtungen sind so angebracht, dass Maschinenwärter, ohne weit herumgehn zu dürfen, alle einzel- theile in Bewegung setzen kann. Sobald der Wagen sich in der Schleusenkammer befindet, lässt der Wärter mittelst der *F* das Schütz herab, welches die Stelle des Unterthores versieht. Demnächst zieht der mit dem Schiffe heraufge- gene Arbeiter das Schütz des Oberthores, öffnet das Thor, die Kammer gefüllt ist, mittelst des Drehbaumes, löst das vom Wagen und schiebt dasselbe ins Oberwasser. Ein- nes Schiff wird darauf hineingeführt und dieses sowohl, wie gleichzeitig auch im Unterwasser ein leeres an beiden Wagen liegt. Eine Glocke, deren Zug bis zum Unterwasser reicht, das Signal, dass auch dort Alles vorbereitet sei. Hierauf- er Maschinenwärter mit dem Fusse auf den Hebel *E* und dadurch das Schütz *D*, wodurch die Schleusenkammer sich- . Während dieses geschieht, drückt er den Hebel *P* fest in ein Herablaufen des Wagens, sobald derselbe durch das belastet wird, zu verhindern, weil sonst das Öffnen des Schützes unmöglich werden würde. Er stellt den Hebel mit ihm die ganze Bremse fest, indem er die gezahnte ei- Stange *Q* in jener einhakt. Hierauf windet er mit der *F* das grosse Schütz auf, und setzt dadurch die Schlen- kammer mit der geneigten Ebene in Verbindung. Indem die welche innerhalb der Schleuse liegt, nur wenig geneigt ist, kommt der Wagen, nachdem die Bremse festgestellt worden, früher in Bewegung, als bis diese etwas gelöst wird. d aber der Wagen die Schleuse verlassen hat, muss die wieder festgestellt werden, und selbst dieses verhindert dass die Geschwindigkeit zuweilen eine bedenkliche Grösse hat. Alsdann tritt der Maschinenwärter auf den Hebel *R*, dadurch den Winkelhebel *T*, welcher die untere Bremskette . Hierdurch kann die Bewegung vollständig geregelt wer-

den. Die Zeit des Herauf- oder Herablassens eines Wagens trägt zwischen 2 und 3 Minuten.

Der beladene Wagen verliert, sobald er in das Wasser einen Theil seines Gewichtes, und wiewohl der Zug des Wagens bei dessen Eintritt in die Schleuse wegen der geringen Neigung der Bahn auch etwas geringer wird, so kann der doch nicht so tief herablaufen, dass das Schiff gar nicht darauf aufstände und ganz frei schwämme. Bei der geringen Grösse der Schiffe bietet indessen dieser Umstand keine besondere Erschwerniss, indem man nur das Pferd, nachdem die Last an das Schiff befestigt ist, anziehen lassen darf, um den Wagen soweit vorzuschieben, dass das Schiff frei wird und fortzuschwimmt, während das leere Schiff, ohne den Wagen zu berühren, befestigt werden kann. Hierdurch wird zugleich der Wagen gezogen, wenn er nicht vollständig bis in die Kammer gekommen sollte, vollends hineingezogen. Zu diesem Zwecke ist noch eine besondere Vorrichtung angebracht, es befindet sich nämlich an der Rolle *L* noch ein gezahntes Rad, und hierin ein doppeltes Vorgelege, das mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Hülfe dieser Kurbel, und wenn einige Arbeiter das grosse Bremsrad an den Speichen fassen zu drehen sich bemühen, kann man sogar den Wagen in den leeren Schiffe heraufwinden, falls auch kein beladenes Boot vorliegt. Dieser Fall kommt freilich beim gewöhnlichen Betriebe der Schleuse nicht vor, wohl aber wenn ein Schiff verunglückt ist und durch ein neues ersetzt werden muss.

Bald nachdem diese geneigte Ebene ausgeführt war, der in der Nähe befindliche Shropshire-Canal erbaut, dessen Oaken-Gates im Kirchspiel Lilliskall beginnt und bei Port unterhalb Coalbrook-Dale in die Severn mündet. Die Länge desselben misst nur  $7\frac{1}{2}$  Englische, oder etwas über  $1\frac{1}{2}$  Meilen, sein Gefälle beträgt aber 207 Englische oder 395 ländische Fuss. Dieses Gefälle ist mittelst dreier geneigten Ebenen aufgehoben, von denen die eine nämlich bei Hay eine Differenz von 201 Fuss übersteigt. Die Ebenen sind mit doppelten Geleisen versehen, so dass jedesmal ein Schiff gehoben wird, während ein zweites herabgeht. Auch die beiden Maschinen sind der oben beschriebenen ziemlich



um man um den Wasserverlust zu vermeiden, und um zu den Bau der Schleuse zu umgehn, auf einigen, vielleicht von diesen Ebenen wehrartige Rücken angebracht, die als über das Oberwasser erheben. Die Bahnen setzen sich an über den Scheitel nach der andern Seite und zwar mit umgesetztem Gefälle fort, und das Schiff wird ähnlich wie an Niederländischen Rollbrücken (Fig. 358) unmittelbar aus Unterwasser in das Oberwasser gehoben, oder umgekehrt diesem in jenes herabgelassen.

Die Maschine ist ohnerachtet dieser Abänderung noch ziemlich dieselbe geblieben, nur sind die Leitrollen *L* (Fig. 359 *a*) stehend von der Trommel *M* und dem Bremsrade entfernt, und an beiden befindet sich der Scheitel oder Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebenen zusammenstossen. Auf diese kann das um die Leitrolle geschlangene Tau den Wagen über den Rücken hinüberziehen. Soll der Wagen aber umgekehrt vom Oberwasser aus auf den Rücken gezogen werden, so geschieht dieses mittelst eines andern Taaes, welches unmittelbar mit der Trommel ihn verbindet. Bei dieser Anordnung bildet die Bewegung des herabgehenden Schiffes keineswegs fortwährend ein gleiches Uebergewicht, wodurch beide Wagen in Bewegung gesetzt werden können. Gleich Anfangs müssen beide Wagen anhalten, bis der beladene über den Rücken herüber gezogen ist. Zu ist eine äussere Kraft erforderlich, und diese wird von Dampfmaschine ausgeübt, die statt das Schleusenwasser herabzupumpen, in diesem Falle die Trommel *M* bald nach der einen und bald nach der andern Seite dreht, bis das erforderliche Uebergewicht sich dargestellt hat, und alsdann das Bremsrad zur Fortsetzung der Bewegung genügt.

Der Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebenen zusammenstossen, liegt 1 Fuss über dem Oberwasser, daher die umgekehrte Ebene nur eine geringe Ausdehnung hat. Nichts desto weniger würde der Wagen, indem er sich auf derselben befindet, eine sehr starke Neigung gegen den Horizont annehmen, wobei das Schiff, während sie aus dem Wasser gehoben, oder in dasselbe eingeführt werden, leicht schöpfen und wenn sie beladen sind, sinken könnten. Um Dieses zu verhindern, hat man diejenige Seite des Wagens, woran die beiden niedrigen Räder sich befinden,



noch seitwärts verlängert, und auswärts zwei andre Räder aufgesetzt, die während der Fahrt auf der längeren Ebene frei schweben, und keine Schienen berühren. Sobald der Wagen darauf auf die kürzere geneigte Ebene kommt, so stellen sich diese inneren Räder auf ein zweites Geleise auf, das bedeutend höher, als das innere liegt. Alsdann schweben die inneren Räder frei, während die Räder an der andern Axe noch auf dem innern Geleise laufen. Auf diese Art nimmt der Wagen mit dem Schiffe eine weit geringere Neigung an, und die Gefahr, dass letzteres Wasser schöpfen möchte, ist vollständig beseitigt.

In Nord-Amerika haben die geneigten Ebenen auf einzelnen Kanälen eine weit ausgedehntere Anwendung gefunden. Besonders ist dieses auf dem Morris-Kanale der Fall. Derselbe dient vorzugsweise zum Transport der Anthracit-Kohlen, die den Lehigh herabkommen. Dieser Fluss ist mittelst 29 Schleusen schiffbar gemacht, und wird von ziemlich grossen Schiffen befahren. Bei Easton mündet er in den Delaware, und von Letzterem auch weiter aufwärts mit dem Hudson in schiffbarer Verbindung steht, so ist dieser Umweg doch viel zu bedauerlich, als dass die Kohlen auf demselben, namentlich da sie etwa 100 deutsche Meilen gegen den Strom gehn müssten, noch mit Vortheil nach New-York gebracht werden könnten. Dieser Umstand war die Veranlassung, den Morris-Kanal zu erbauen, und dadurch eine directe Verbindung zwischen der Mündung des Lehigh und New-York darzustellen. Der Kanal kam in den Jahren 1825 bis 1828 zur Ausführung, und mündete ursprünglich nicht New-York gegenüber in den Hudson, sondern weiter südwärts, so dass die Ueberfahrt noch mit Schwierigkeiten verbunden war. Man hat ihn daher 1835 bis Jersey-City, New-York gegenüber, verlängert. In den Delaware mündet er bei Philippsburg, Easton gegenüber. Von hier aus steigt er 739 Rheinländische Fuss auf die Wasserscheide zwischen dem Delaware und Hudson, und fällt auf der andern Seite 888 Fuss. Sein ganzes Gefälle beträgt demnach 1627 Fuss. Davon werden 1399 Fuss durch drei und zwanzig geneigte Ebenen aufgehoben, und 228 Fuss durch fünf und zwanzig gewöhnliche Schiffsschleusen. Seine ganze Länge beträgt 22 deutsche Meilen, und er wird gespeist durch den Hopatcong-See, der bei einer Ausdehnung von nahe 2 deutschen Qua-

hinreichende Zuflüsse zu haben scheint, so dass die Rückauf Beschränkung des Wasserbedarfs nicht Veranlassung zur dieser geneigten Ebenen gewesen ist.

Die geneigten Ebenen sind verschiedenartig eingerichtet, indle zum Theil nur einfache, theils aber und namentlich bei ihrer Ausdehnung doppelte Geleise haben. Ihre Höhen wechzwischen 35 und 97 Fuss. Dagegen stimmen ihre Neign- oder relativen Gefälle ziemlich nahe überein, und betragen inmtlichen Ebenen nicht über ein Zehntel und nicht unter zwölfstel der Länge. Die Verschiedenheit in ihrer Anordnung neuerer Zeit noch grösser geworden, indem man etwa seit Jahren angefangen hat, sie nach einem andern Princip um-ten.

Chevalier\*) beschreibt die mit doppeltem Geleise versehene bei Philipsburg, wie er sie 1835 sah. Sie ist die grösste allen, indem ihre Höhe 97 Fuss beträgt. Ihre Länge misst rheinländische Ruthen, daher ihre Neigung nahe ein Eilfstel.

360 a zeigt den obern Theil derselben mit den beiden Schleuammern, welche sie mit dem Oberkanale verbinden. Die eine Kammer ist leer, und die andere gefüllt gezeichnet. In Fig. b sieht man den Längendurchschnitt der ersten und c den zweiten Schleuse. Endlich stellt Fig. 361 in a und b noch untere Ende der Ebene und einen Wagen dar, dessen vor- Ansicht Fig. 361 c gezeichnet ist.

Die Schiffe, welche den Kanal befahren, haben nur mässige ensionen, ursprünglich trugen sie nicht mehr, als 500 Centner, hat man durch Erweiterung der Schleusen ihre Ladungs-zeit auf 700 Centner gebracht, und wie es scheint, ist man enster Zeit damit noch weiter gegangen. Nach Chevalier sind Schleusen  $10\frac{1}{2}$  Fuss weit, im Ganzen 76 Fuss lang, die Schiffe egen 10 Fuss breit und 60 Fuss lang. Indem diese beim ihren der geneigten Ebenen auf Wagen stehen, und letztere eicher Weise wie auf der Ebene bei Ketley bis in die Schleu- kommen, so müssen die Unterhäupter und Kammern derselben messen erweitert sein. Die Wagen haben acht Räder von

\*) *Histoire et description des voies de communication aux Unis. Tome II. pag. 476 ff.*

ingen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

gleicher Höhe, und sind wie die achträderigen Eisenbahn-Wagen erbaut, die man auf den deutschen Eisenbahnen häufig sieht. Zwei Axen liegen ziemlich nahe zusammen und sind durch besonderes Gestell oder einen Schemel verbunden, der in der Mitte, also zwischen den Axen, mittelst eines Riegels den Boden trägt, worauf das Schiff gestellt wird. Man erreicht hier den Vortheil, dass die Last sich auf die beiden Axen je nach dem Schemel, oder auf dessen vier Räder gleichmässig vertheilt. Der Rahmen, aus mehreren starken Längsschwellen bestehend, ist, wie Fig. 361 zeigt, auf jeder Seite mit einem Hängewerk verbunden. Auf die Unterstützungspunkte über den Schemeln sind vier Stützen gestellt, welche die Streben der Hängewerke tragen. Die Säulen der letztern unterstützen die Mitte des Rahmens, und an den äussern Enden der beiderseitigen Wände reichen noch zwei Zugstangen herab, und verhindern ein Durchbiegen des Rahmens ausserhalb der Schemel. Endlich verbinden drei Riegel die beiderseitigen Hängewände, und diese sind so hoch gelegt, dass die Schiffe darunter fortfahren können, während sie auf die Wände gestellt, oder davon entfernt werden sollen.

An der dem Unterwasser zugekehrten Seite ist jeder Wagen mit einer dreifüssigen gusseisernen Scheibe versehen, über welcher die Zugkette läuft. Letztere bestanden ursprünglich aus gewöhnlichen Ketten mit ringförmigen Gliedern, und man hatte sich selbst um die Industrie dortiger Gegend zu heben, im Ueberflusse anfertigen lassen. Vielfache Unglücksfälle, durch das Brechen dieser Ketten verursacht, gaben indessen bald Veranlassung, dieselben Englische Ketten zu benutzen, und es scheint, dass diese aus längern Gliedern bestehen, die in die grosse Tiefe in der Schleuse sicher eingreifen, und dadurch am Gleiten verhindert werden.

Beide Wagen sind an dieselbe Kette gehängt, die bald unter dem einen, und bald über dem andern Geleise liegt. Die Enden der Kette sind an den Bohlen A (Fig. 360) befestigt, die den Boden beider Schleusenkammern gestreckt sind. Von A geht die Kette in der Richtung des Geleises bis zu der oben erwähnten Rolle unter dem zugehörigen Wagen, steigt abwärts wieder berauf in die Schleusenkammer, und während sie auf dem ganzen Wege auf festen Leitrollen ruht, ist sie hier durch

den Kammerboden hindurchgezogen und windet sich um schräge gestellte gusseiserne Treibrolle *G*, worauf sie in andre Kammer tritt und in dieser und auf dem zweiten Geleise in gleicher Art, wie auf dem ersten, um die Rolle des zweiten Wagens geschlungen und wieder gegen eine Bohle auf dem Eisenboden befestigt ist.

Die Treibrolle *G* befindet sich unter beiden Schleusenböden und hält 8 Fuss im Durchmesser. Ein gezahntes konisches Rad ist dieselbe angegossen, und dieses wird durch mehrere Verbindungsräder von dem grossen Wasserrade *B* in Bewegung gesetzt.

Letzteres ist halbschlächtig und wird vom Wasser des Canals getrieben. Die Verbindung mit der Treibrolle ist in der Art eingerichtet, dass zwei konische Räder an einer gemeinschaftlichen Axe in das konische Rad an dieser Rolle einrollt werden können. Auf diese Art kann man die Treibrolle nach in einen oder der andern Richtung sich bewegen lassen, während das Wasserrad stets in demselben Sinne sich dreht.

Der Raum, worin das Räderwerk sich befindet, darf nicht einer Verbindung mit den Schleusenkammern stehn, weil sonst Wasserverlust beim jedesmaligen Füllen einer Schleuse zu vermeiden wäre. Dieser Raum liesse sich freilich am Boden und oben leicht abschliessen, indem man die hineintretende Welle einer Stopfbüchse versehen könnte, aber der Umstand, dass er gleicher Weise mit beiden Kammern verbunden sein muss, erfordert jedesmal eine starke Strömung in die leere Kammer vorzusetzen. Es ist daher anzunehmen, dass man in den Schleusen-Stopfbüchsen angebracht hat, durch welche die Kette, wohl gewiss schlecht schliessend, hindurchgezogen ist. Weit wirthhafter würde es ohne Zweifel gewesen sein, statt der Ketten Drahtseile zu benutzen, doch waren solche, wenigstens früher nicht vorhanden, denn Chevalier spricht ausdrücklich von Ketten und giebt auch die Eisenstärke derselben an. Letztere beträgt nämlich 18 Millimeter oder  $8\frac{1}{2}$  Rheinländische Linien.

Die Schleusen sind grossentheils nur aus Holz erbaut, liegen unmittelbar neben einander. Ihre Unterthore bestehn aus einzelnen Flügeln, die sich um horizontale Axen drehen. Wenn geschlossen sind, stehen sie, wie Fig. 360 c zeigt, nicht senkrecht, sondern hängen nach der Kammer über, indem die Falze



in den Seitenwänden, wogegen sie anschlagen, diese Richten haben. Bei dieser Aufstellung bedarf es keiner besondern Vorrichtung, um sie zu öffnen, vielmehr schlagen sie von selbst her, sobald der Wasserstand in der Kammer sich senkt. Sie legen sich indessen nicht ganz auf den Boden, vielmehr werden sie etwa  $1\frac{1}{2}$  Fuss darüber gehalten. Auf ihrem Rücken sind sie mit Schienen versehen, welche das Geläise der geneigten Ebene mit dem in der Kammer verbinden. Die Oberthore werden durch Schütze gebildet, die, wenn sie geöffnet werden sollen, nicht gehoben, sondern herabgelassen werden. Zu diesem Zwecke sind in den Böden des Oberhauptes Versenkungen angebracht, in welche sie sich hineinschieben. Jedes dieser Schütze oder Thore ist an der der Kammer zugekehrten Seite mit zwei eisernen gehärteten Stangen versehen, und in diese greifen zwei Getriebe einer gemeinschaftlichen Axe. Diese Getriebe werden durch ein zweites, kleineres Wasserrad *D* in Bewegung gesetzt (Fig. 300). Indem aber beide Schütze ganz unabhängig von einander gehoben und zwar theils gehoben, theils gesenkt werden müssen; so dürfte hier nicht die beim andern Wasserrade gewählte Einrichtung, vielmehr muss dieses kleinere Rad selbst noch in entgegen gesetzten Richtungen gedreht werden können. Es besteht dasselbe aus zwei mit einander verbundenen oberschlächtigen Rädern, deren Zellen entgegengesetzt gestellt sind. Ausserdem kann die Bewegung des Rades beliebig der einen und der andern Schütze zum Stellen der beiden Schütze mitgetheilt werden.

Weder die Oberthore, noch die Unterthore sind mit Schützen zum Füllen und Leeren der Kammern versehen, auch keine Umläufe von der sonst üblichen Einrichtung angebracht. Dagegen befindet sich am untern Ende jedes der beiden geneigten Kammerböden eine grosse Oeffnung, die zu einem unter befindlichen Kanale führt. Letzterer verbindet sich mit dem Untergraben der beiden Wasserräder und ergiesst sich mit demselben Gefälle in den Unterkanal, oder wird, wenn derselbe von solchen Speisung nicht bedarf, sonst abgeführt. Jene Oeffnungen im Kammerboden werden durch horizontale Schütze oder Schieber geschlossen, und die damit verbundenen Zugstangen, die auf den Schleusenböden liegen, sind in den vordern Enden der hochkantig gestellte Bohlen *E* befestigt. Ausserdem greifen



an *F* ein, welche um jene bereits erwähnten Axen geschlungen sind, womit die Schütze in den Oberhäuptern gezogen werden. Ketten sind so abgeglichen, dass sie scharf gespannt und sich die Schieber von den Oeffnungen entfernt werden, sobald die Schütze beinahe den höchsten Stand erreicht haben, und das Wasser vollständig absperren.

Die Behandlung der Schleuse wird hierdurch ausserordentlich einfach. Der Wärter hat in der That nichts weiter zu thun, als mittelst des kleinen Wasserrades *D* das Schütz, welches das Oberthor bildet, herauf- oder herabzulassen, wodurch die Kammer schon von selbst entleert oder gefüllt, und das Unterthor geöffnet oder geschlossen wird. Gesetzt, die Kammer sei leer, das Schütz sei gehoben, bilde daher den Abschluss gegen das Oberwasser, während das Unterthor geöffnet und unterhalb die Oeffnung frei ist, durch welche die Kammer sich entleert hat. Die sämmtlichen Theile befinden sich also in der Stellung, welche Fig. 360 *b* zeigt. Alsdann ist die Kammer zur Aufnahme des Wagens bereit. Derselbe fährt über das abgeschlagene Unterthor von der geneigten Ebene in sie hinein und nachdem dieses geschehn, setzt der Wärter das kleinere Wasserrad in der Art in Bewegung, dass die Getriebe *C* die gesagten Stangen am Schütze, und mit dieser das Schütz selbst vorwärts drücken. Die um die Axe des Getriebes geschlungene Kette wird dabei abgewunden, wodurch jedoch der Schieber am Boden der Schleusenkammer noch nicht zurückgestossen wird. Dagegen strömt das Oberwasser bald an, über das Schütz sich in die Schleusenkammer zu ergiessen, und indem es auf dem stark geneigten Boden derselben hinströmt (dessen Neigung bedeutend steiler, als die der Bahn ist, wie Fig. 361 *c* zeigt), so stösst es theils gegen die hochkantige Bohle *E*, welche mit dem Schieber verbunden ist, aber bedeckt es auch den Boden, indem die Oeffnung nicht gross genug ist, den immer stärkeren Zufluss abzuführen. Hierdurch vermindert sich das Gewicht des Schiebers, und indem derselbe durch den Druck des umgebenden Wassers bald ganz gehoben wird, so verschwindet auch die Reibung, die ihn an der Bahn verhinderte, dem Stosse des Wassers zu folgen. Der Schieber kommt daher plötzlich in Bewegung und schliesst die Oeffnung. Da das Wasser, welches noch mit Heftigkeit der Oeffnung

### 374 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen.

zuströmt, übt, indem der Ausweg plötzlich geschlossen ist, umher einen starken Seitendruck aus, und stösst das Ufer auf. Wie dasselbe sich hebt, sammelt das Wasser darauf noch stärker an, und drängt dieses Thor noch weiter. Dasselbe ist übrigens so leicht, dass es vom Wasser gehoben wird, und wenn dieses auch reichlich darüber fort, und die geneigte Ebene herabstürzt, so füllt die Kammer sich beim Sinken des Schützes doch sehr schnell an, und ehe dies geschieht, lehnt das Thor sich schon fest in den Anschlüssen der Nische.

Alle beweglichen Theile der Kammer befinden sich in der Stellung, welche Fig. 360 c zeigt. Das Schiff, welches bisher auf dem Wagen stand, ist durch das steigende Wasser gleichfalls abgehoben, und indem es frei über dem Wasser schwimmt, kann es sogleich in das Oberwasser gezogen, durch ein anderes ersetzt werden.

Sobald dieses geschehn ist, setzt der Wärter wieder das Wasserrad *D* in Bewegung, indem er aber jetzt das zweite Thor vor dem Rade öffnet, und das Wasser in den andern Zellen des Rades einströmen lässt, so wird das Getriebe *C* in entgegengesetzter Richtung gedreht, also das Schütz vor der Senkkammer gehoben. Anfangs wird hierdurch keine Veränderung in der Stellung der beweglichen Theile, oder der Wasserstandes in der Kammer veranlasst. Sobald aber das Wasser das Niveau des Oberkanales beinahe erreicht hat, so wird das Getriebe *C* die Kette *F* angezogen, und indem der Schütz am Boden der Schleusenkammer zurückweicht, wird die Abfluss-Oeffnung plötzlich frei, und nunmehr entleert die Kammer sehr schnell. Dadurch verliert das Unterthor seine Unterstützung und fällt bald flach nieder, wodurch die Eisenbahn in der Kammer mit der auf der geneigten Ebene in Verbindung gesetzt wird. Der Wagen, auf welchen das Schiff sich bereits aufgestellt hat, kann alsdann herabgelassen werden.

Diese Anordnung ist ohne Zweifel überaus bequem, entspricht wahrscheinlich vollständig den dortigen Bedürfnissen, welche eine rasche Förderung der Schiffe, und zugleich die geringste Ersparung an Menschenkraft fordern. Nichts desto weniger darf man kaum annehmen, dass der Verbrauch an

Diesen Anlagen geringer wäre, als wenn man gewöhnliche Schleusen erbaut hätte. Man rühmt den pittoresken Anblick grossartigen Wasserfälle, die sich im Unterhaupte der Schleuse jedesmaligen Füllen derselben bilden, indem eine starke Strömung über das noch nicht vollständig geschlossene Unterthor sich für geneigte Ebene und von dieser in das Thal ergiesst. Ausser den dürften die heftigen Bewegungen, die der Schieber und Unterthor machen, auch leicht zu vielfachen Beschädigungen Anlass geben, womit wahrscheinlich Chevalier's Bemerkung die häufige Unterbrechung des Betriebes zusammenhängt.

Ueber die Bewegung der Wagen auf den geneigten Ebenen muss noch Einiges hinzugesetzt werden. Wenn ein beladenes Schiff die Ebene herabfährt, so bildet dasselbe bei der starken Neigung der letztern ohne Zweifel schon ein hinreichendes Gewicht, um den andern Wagen mit einem leeren Schiffe zu ziehen. Dieser Fall kommt indessen nur bei den geneigten Ebenen auf dem östlichen Abhange vor, wogegen auf den elf Ebenen des westlichen Abhanges stets die beladenen Wagen aus dem Thale des Delaware hinansteigen, und die leeren herabgehn. Es muss daher in diesem Falle nothwendig eine Kraft angewendet werden, um die ersteren heraufzuwinden. Dies geschieht, wie bereits erwähnt, mittelst des grossen halbkreisförmigen Wasserrades *B*, welches die Treibrolle unter den Radsenkammern sowohl rechts, als links dreht, je nachdem das eine oder das andre der beiden an der gemeinschaftlichen Achse mit dem conischen Getriebe in das conische Rad an der Treibrolle eingreifen lässt. Ob eine besondere Vorrichtung zum Bremsen beim Herablassen beladener Schiffe angewendet wird, ist aus Chevalier's Beschreibung nicht mit Sicherheit zu entnehmen. Wahrscheinlich findet aber in dieser Beziehung ein wesentlicher Unterschied zwischen den geneigten Ebenen, der beiderseitigen Abfahrten statt, und die mitgetheilte Beschreibung bezieht sich nur auf die Ebenen auf der Seite des Delaware, während auf der Seite des Hudson das Wasserrad viel schwächer ist, vielleicht ganz fehlt, aber dafür eine kräftige Brems-Vorrichtung angebracht ist.

Gegen das Ende der Bewegung tritt der herabgehende Wagen mit ihm das darauf stehende Schiff in das Unterwasser,

## 376 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen.

dadurch wird ein Theil seines Ubergewichtes und zuletzt der selbst vollständig aufgehoben. Andererseits ist die Neigung der Bahn in der Schleusenkammer auch geringer, als die der Ebene; daher bedarf es nur eines schwächeren Zuges, um den anstreichenden Wagen vollends an das Ende des Schienenstranges zu bringen und überdiess lässt sich die lebendige Kraft der bewegten Massen wohl noch vortheilhaft benutzen, um die, wahrscheinlich sehr bedeutenden, Hindernisse beim Uebergange des Wagens über den unteren Schleusenthor zu überwinden. Jedenfalls bietet das Wasserserrad ein sicheres Mittel, um den ansteigenden Wagen beschleunigend weit in die Schleusenkammer hineinzuziehen. Anders verhält es sich dagegen mit dem herabgehenden Wagen. So wie der ganze Apparat bisher beschrieben, ist derselbe nicht geeignet, diesen Wagen bis zu solcher Tiefe in das Wasser hineinzuziehen, dass das darauf stehende Schiff gehoben würde, und fortgezogen werden könnte. Bei dem grössern Gewichte der Wagen und der Schiffe ist es auch nicht leicht, durch eine solche Kraft, wie etwa durch ein Pferd den Wagen noch weiter zu lassen, nachdem er bereits vollständig zur Ruhe gekommen ist. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes ist eine Vorrichtung angegeben, die bereits Fulton in der oben bezeichneten Schrift im Jahr 1796 angegeben hat. Man verbindet nämlich die beiden Wagen noch durch ein zweites Seil oder eine zweite Kette, die über die Rolle am Fusse der geneigten Ebene geschlungen ist. Als der heraufsteigende Wagen mittelst dieser Kette den herabgehenden tiefer in das Wasser hinein, wenn das Gewicht des letztern auch schon beinahe vollständig durch den Druck des Wassers aufgehoben ist, und zur Ueberwindung der Reibung nicht mehr genügt.

Chevalier erwähnt, dass diese zweite Kette bedeutend schwächer, und nur aus halbzölligen Stäben geschwiedet ist. Sie ist aber nicht in der Mittellinie der Wagen, vielmehr an der Seitenwand befestigt, und zwar an derjenigen, welche dem anliegenden Geleise zugekehrt ist. In Fig. 361 bemerkt man diese Kette nebst dem Baume, wenn sie befestigt, und zugleich die horizontale Rolle am untern Ende der geneigten Ebene. Die Befestigung der Kette zur Seite des Wagens ist augenscheinlich nur gewöhnlich, um die Rolle nebst der zugehörigen Rüstung, nicht vor den



treten zu lassen, wodurch das Ein- und Ausfahren der Schiffeindert werden würde. Dagegen ist die schräge Richtung des es hierbei allerdings nicht vorthailhaft, und die Befestigung Ketten in der Mittellinie des Wagens würde auch zulässig und die Bewegung der Schiffe nicht behindern, wenn man Balle so tief in das Wasser versenkt hätte, dass die Schiffe weiter fortfahren könnten.

Chevalier erwähnt, dass die Dauer des Ueberganges eines Schiffes über die Ebene mit Einschluss des Aufenthaltes beim Auffahren auf den Wagen und beim Herausgehn aus demselben sich auf eine Viertel Stunde beschränke, und dass über diese Ebene am östlichen Abhange, also auf der Seite nach dem Meer, deren Höhe 77 Fuss beträgt, an einem Tage sieben und zwanzig Schiffe gegangen, und noch mehrere derselben hätten verwendet werden können, wenn solche zum Uebergange bereit gewesen wären.

Die Aenderungen, welche man seit etwa zehn Jahren an den Anlagen anbringt, bestehen, soviel ich in Erfahrung bringen konnte, hauptsächlich darin, dass man die Schleusenkammer ganz beseitigt, und die Eisenbahn, welche beide Kanalstrecken verbindet, an einem Scheitel versieht, von welchem aus sie sich nach beiden Seiten senkt. Es leidet keinen Zweifel, dass die Anlage dadurch sehr vereinfacht wird, und diese Einrichtung auch vollständig den Zweck erfüllen muss, indem mittelst der beiden erdten Ketten die Wagen ganz sicher von beiden Seiten über den Rücken und bis zu der erforderlichen Tiefe unter beide Wasserspiegel gezogen werden können. Fig. 362 stellt eine solche Anordnung im Grundrisse und im Längen-Profile dar. Zunächst soll man die Ketten durch Drahtseile ersetzt, auch die Rollen unter den Wagen beseitigt haben. Indem aber die Drahtseile nicht sicher in die Rille einer Scheibe eingreifen, darin leicht gleiten würden, so sind sie mehrmals um eine längere Röhre A geschlungen, zu der sie über zwei Leitrollen geführt werden. Die Rollen am Fusse der geneigten Ebenen sollen unter Wasser liegen. Darüber sind auch Drahtseile geschlungen, welche bei dieser Anordnung nicht nur zum Herabziehn der Wagen unter Wasser, sondern auch zum Herausziehen derselben aus dem Unterwasser bis zum Scheitel der Bahn dienen.



Die bewegende Kraft soll auch bei dieser veränderten Richtung noch das Wasser sein, man hat aber das bei jeder vorhandenen Gefälle vollständiger benutzt, und dadurch den Wasserbedarf zum Betriebe der Maschine gewiss wesentlich vermindert. Ein gewöhnliches Mühlrad ist offenbar zur Benutzung des starken Gefälle nicht geeignet, man hat hier, die zuerst von Smeaton angegeben und in neuerer Zeit vielfach mit Vortheil angewandte Vorrichtung, die man gemeinhin Reactions-Maschine nennt, benutzt. An einer senkrechten Axe befinden sich zwei oder mehrere Arme mit kleinen Seiten-Oeffnungen versehen, aus denen das Wasser mit einer der ganzen Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit ausströmt, und dabei diese Arme zurückstösst. Die Ausführung solcher Maschinen bot früher die grosse Schwierigkeit, dass man die ganze Druckhöhe in einer auf der Axe ruhenden hohen und weiten Röhre darstellen musste, welche in der Drehung Theil nahm, und den untern Zapfen ausserordentlich belastete. In neuerer Zeit lässt man aber das Wasser unten eintreten, indem der Zapfen durchbohrt ist. Dadurch erhält man nicht nur den Vortheil einer grossen Vereinfachung und Verleichterung der Maschine, sondern der Druck des Wassers wirkt sogar einen grossen Theil des Gewichtes der Axe auf, und vermindert dadurch fast ganz die Zapfenreibung. Hiernach bestehen sich mehrere in neuester Zeit genommenen Patente, doch ist die Einrichtung der an diesen geneigten Ebenen benutzten Maschinen nicht näher bekannt geworden.

Wiewohl es als sehr zweckmässig anerkannt werden kann, dass man das Wasserrad durch eine Maschine ersetzt hat, und dass durch die Localität gebotene Gefälle möglichst vollständig genutzt werden kann, so darf man dennoch nicht übersehen, dass die gewählte Einrichtung in mancher Beziehung nicht perfect ist. Die Axe, welche durch das ausströmende Wasser in Bewegung gesetzt wird, dreht sich mit sehr grosser Geschwindigkeit, kann auch nur in diesem Falle die erforderliche Kraft ausüben, um den Wagen und Schiffe auszuheben, wie schnell man sie aber auch hinaufgehen lässt, so ist ihre Geschwindigkeit jedenfalls viel geringer, und man muss daher gewisse Zwischenglieder anbringen, welche die Geschwindigkeit mässigen. Die Maschine ist daher nicht so einfach und die Reibung ihrer Theile

grösser, als wenn man eine Vorrichtung gewählt hätte, wo das Wasser demjenigen Maschinentheile, auf den es wirkt, gleich die erforderliche Geschwindigkeit mittheilen könnte, und bei sonach jene Zwischenglieder und besonders die schnellen Drehungen, die vorzugsweise wegen der Reibung einen starken Verlust veranlassen, fortfielen. Demnächst zeigt sich bei der Querschen Maschine, eben so wie bei der Turbine noch ein weiterer wesentlicher Uebelstand, der überhaupt allen Reactionsmaschinen eigen ist. Sie wirken nämlich stets nahe mit dem Maximum des möglichen Effectes, können daher nur die gewöhnlichen Widerstände überwinden, und zeigen sich ganz ungenügend, sobald der Widerstand zufälliger Weise sich steigert und wenn nur auf kurze Zeit eine Verstärkung der Kraft erforderlich ist. In dieser Beziehung hat das gewöhnliche Mühlenrad unverkennbare Vorzüge. Sobald dasselbe einen grössern Widerstand findet, so dreht es sich langsamer, kommt auch wohl momentan zum Stillstande, alsdann füllen sich aber sogleich die Zellen mehr mit Wasser an, und in gleichem Verhältnisse, wie die Geschwindigkeit sich verringert, verstärkt sich der Zug, den es ausübt.

Unter diesen Gesichtspunkten erscheint die Wahl einer Reactions-Maschine für diesen Zweck keineswegs angemessen. Die Wassersäulen-Maschine dürfte den Erfordernissen, die hier ausgehend sind, vielleicht am besten entsprechen.

Jedenfalls muss die Maschine, welche die Trommel A treibt, genügend stehen, um den grössten Theil des vorhandenen Gefalles benutzen zu können. Ausserdem wird man, um die Seile und Wasserleitungen nicht zu sehr zu verlängern, auch dafür sorgen, sie möglichst nahe an das obere Ende der geneigten Ebene zu stellen. Findet sich zur Seite des Oberkanals ein steiler Abhang, so kann man die in der Figur durch ausgezogene Linien bezeichnete Anordnung wählen. Dabei braucht man am oberen Ende der geneigten Ebene nur zwei Leitscheiben anzubringen. Wenn dagegen erst weiterhin, also neben der geneigten Ebene die erforderliche Tiefe des Thaies sich vorfindet, und man die Maschine bei C oder noch weiter abwärts aufstellen müsste, so würden jene beiden Leitscheiben nicht mehr, und man muss zu

## 380 XVI. Eigenthümliche Schiffsschleusen.

denselben noch eine dritte hinzufügen, die in der Figur durch den punktirten Kreis angedeutet ist.

Diese Leitscheiben müssen jedesmal so tief liegen, daß die Schiffe unbehindert, und ohne dagegen zu stoßen, darüber fortgehn können. Um die Seile von denselben nach der Maschine zu führen, könnte man sie durch andre Leitscheiben am Rande des Kanales wieder heben und sie über den Kanaldamm mit. Dieses soll indessen bei den geneigten Ebenen des Morriskanals nicht der Fall sein, vielmehr sind die Drahtseile durch in Röhren, worin sich Stopfbüchsen befinden, durch die Kanaldämme hindurch gezogen. Endlich wäre noch zu erwähnen, daß bei der Entfernung der Maschine von der geneigten Ebene, dafür gesorgt werden muss, dass der Wärter sichere Signale erhält, sobald die beiden Schiffe über die Wagen gezogen und im Abfahren bereit sind. Auch dürfte es angemessen sein, ihn zu stellen, dass er die ganze geneigte Ebene übersehen kann, und von zufälligen Ereignissen sogleich Kenntniß zu nehmen und darnach den Gang der Maschine einzurichten.

Der in Fig. 361 gezeichnete Wagen, hat vorn und hinten gleich hohe Räder und der Rahmen, auf welchen die Schiffe gestellt werden, ist der geneigten Ebene stets parallel. Das Schiff verändert daher seine Neigung, wenn es über den, wahrscheinlich abgerundeten, Scheitel fährt. Sobald es beim weitem Fortzuge des Wagens den Wasserspiegel berührt, so geschieht dieses zunächst an dem vordern Ende, und dieses vordere Ende taucht so lange es noch vollständig auf dem Wagen aufsteht, tiefer ein, als das hintere. Bei der Länge von 60 Fuss und der Neigung der Ebene von ein Eilftheil, würde das vordere Ende um  $5\frac{1}{2}$  Fuss tief eintauchen, oder schon Wasser schöpfen, während der Boden desselben neben dem Ruder so eben erst den Wasserspiegel berührt. Beim Ansteigen aus der andern Kanalhälfte würde dasselbe und zwar in entgegengesetzter Weise statt finden, das hintere Ende würde nämlich Wasser schöpfen. Um Beides zu vermeiden, muss das Schiff an jedem Ende soviel Tragfähigkeit haben, dass es sich schon hebt, ehe das Wasser dem Ende sich nähert. Obwohl dieses leicht zu erreichen ist, so überredet man sich dennoch, dass das Schiff bei solcher Stellung, wenn nämlich mit dem einen Ende noch vollständig auf dem Wagen

geht, und mit dem andern bereits schwimmt, in der Mitte gehörig unterstützt wird, und dadurch besonders, wenn es oben ist, seine Verbindung in hohem Grade gefährdet wird. Die Gefahr wird aber um so grösser, je länger das Schiff und je steiler die Neigung der Ebene ist.

Man hat verschiedene Einrichtungen angegeben, wobei das Schiff unverändert seine horizontale Stellung beibehält, wenn es auch eine Ebene hinauf und eine andre hinabgeht. Fig. 363 ist eine solche. Das eine Räderpaar hat nämlich eine andre Weite, als das andre, und jedes läuft auf einem besondern Geleise. Man kann indessen auf diese Art, besonders wenn die Ebenen lang sind, keine starken Neigungen darstellen, weil sonst die Axe, welche zu dem weiteren Geleise gehört, gegen das schmale oder innere treffen würde. Ausserdem ist diese Einrichtung gegen der doppelten Geleise sehr kostbar, und die gehörige Unterstützung und Befestigung derselben möchte die Anlage noch theurer machen. Aehnliche und zum Theil noch grössere Schwierigkeiten treten bei allen übrigen hierauf gerichteten Vorschlägen ein.

Das bereits oben erwähnte, am Shropshire-Canal angewandte Mittel erscheint, obwohl es den Zweck nicht vollständig erfüllt, dennoch vortheilhafter, indem man das doppelte Geleise auf der kurzen Strecke von dem Scheitel bis zum Oberkanal anbringen darf. Auf dem längern Abhange laufen zwei Räderpaare auf demselben Geleise, und eines derselben berührt auf dem kürzeren Abhange das Geleise gar nicht, indem dafür ein andres Räderpaar auf das zweite Geleise sich aufstellt.

Am einfachsten und zweckmässigsten dürfte es aber immer noch seyn, die untern Strecken der geneigten Ebenen flacher zu halten, so dass die Neigung jedes Wagens sich mässigt, sobald er in das Wasser tritt. Bei Anwendung der Scheibe am untern Ende der geneigten Ebene scheint diese Anordnung leicht ausführbar zu seyn, und keine Schwierigkeit zu bieten, indem der Wagen beliebig weit in das Wasser herabgezogen werden kann.

Nachdem im Vorstehenden die geneigten Ebenen beschrieben sind, dürfte es angemessen seyn, eine gutachtliche Aeusserung über deren Nachtheile und Vorzüge vor gewöhnlichen Kanälen anzuführen, welche Michel Chevalier mittheilt. Als nämlich im Jahre 1836 im Staate New-York die Kanäle am



Genesee und Black-River erbauen wollte, entstand die Frage, ob es nicht vortheilhaft sein würde, über die sehr bedeutenden Gefälle, welche in diesen Kanälen nicht zu vermeiden waren, die Schiffe mittelst geneigter Ebenen hinüber zu führen. Der Morris-Kanal war damals seit einigen Jahren eröffnet, daher schlossen sich die Directionen jener Kanal-Gesellschaften an. Die Commissare in Begleitung der Ingenieure an diesen Kanälen schickten und durch eigene Anschauung die Zweckmässigkeit der eingeführten Einrichtungen kennen zu lernen. Der erstattete gutachtliche Bericht lautete folgendermassen:

„Die geneigten Ebenen, welche die Commissare untersuchen haben, erfüllen vollständig ihren Zweck und befinden sich in so vollendetem Zustande, dass derselbe der energischen Ausübung der Gesellschaft des Morris-Kanales alle Ehre macht. Die Tiefe dieses Kanales ist indessen viel geringer, als die der in Aussicht genommenen beiden Kanäle, seine Tiefe beträgt auch nur 4 Fuss. Die Schiffe, die ihn befahren, sind nur 84 Fuss breit, und tragen mit Einschluss der Ladungen durchschnittlich nur 300 Tons. Sie laden daher nur halb so viel, als die Schiffe auf den Kanälen.“

„Die geneigten Ebenen haben ihre gegenwärtige Einrichtung nach vielfachen Abänderungen der ursprünglichen Anlage erhalten. Es ist daher schwierig, die Baukosten derselben anzugeben, davon, deren senkrechte Ansteigung 54 Fuss beträgt, hat die Ausführung 17,000 Dollars gekostet, also etwa 300 Dollars für jeden Fuss senkrechter Höhe.“

„Die Commissare halten die angegebene Ladungsmenge für die äusserste, welche auf geneigten Ebenen nicht überboten werden darf, einmal weil die bewegende Kraft ihre Grenzen hat, und sodann weil das Schiff bei einer noch schwereren Ladung ausser Wasser durchbiegen würde. Der grösste Uebelstand bei Anwendung geneigter Ebenen besteht nämlich darin, dass die Ladung einen Seitendruck gegen die Wände ausübt, dem keine entgegenwirkt, sobald das Schiff ausser Wasser sich befindet. Will man daher grössere Ladungen anwenden, so muss für angemessene Verstärkung der Schiffe gesorgt werden. Dies würde aber, von den Anlagekosten abgesehen, das Gewicht des Schiffes in grösserem Maasse zunehmen, als seine Ladung.“



und die Frachten würden aus diesem Grunde sich höher stellen, als sie jetzt sind.“

„Auf dem Morris-Kanale wird vorzugsweise Anthracit-Kohle fahren, also eine Waare, die schwer ist und aus einzelnen kleinen Stücken besteht, sie schliesst sich daher den Ladungen genau an und entspricht noch am meisten den Erfordernissen eines für geneigte Ebenen geeigneten Verkehrs. Auf den Kanälen des Black-River und Genesee wird dagegen der grösste Theil der Frachten in Holz bestehn (namentlich Sparren, Bohlen und Brettern), und vielleicht eignet sich keine andre Ladung so wenig, als diese, wegen ihrer festen Verpackung für diese Art Schiffahrts-Betriebes.“

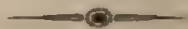
„Die nähere Untersuchung hat uns nur in der Ansicht bekräftigt, dass die geneigten Ebenen sich sehr gut für isolirte Kanäle eignen, die nur für gewisse schwere Frachten bestimmt sind und wo es darauf ankommt, grosse Gefälle schnell zu überwinden, besonders wenn der Verkehr nur mässig ist. Wenn man in solchen Fällen kleine Schiffe und schwache Ladungen wählt, erreicht man mit Benutzung der geneigten Ebenen grössere Beschleunigung und geringere Frachtsätze, als wenn gewöhnliche Aufschlusse erbaut werden. Aus den vorstehenden Gründen haben die Commissare sich nur für die Wahl gewöhnlicher Schlenken bei den beabsichtigten Kanälen im Staate New-York ausgesprochen; sie halten dieses auch schon wegen der nöthigen Uebereinstimmung mit den übrigen dortigen Kanälen für erforderlich.“

Dieses Gutachten ist besonders insofern wichtig, als dadurch die Anwendung der geneigten Ebenen in dem bedeutendsten Staate Nord-Amerikas verhindert wurde. Die dafür angegebenen Gründe sind aber grossentheils ganz unhaltbar und beruhen auf falschen Annahmen. Schon Chevalier bemerkt, dass die Steinkohle keineswegs ausschliesslich oder auch nur vorzugsweise die Fracht auf dem Morris-Kanale bilde, dass sie vielmehr während des Jahres, für welches ihm specielle Nachrichten zugegangen, etwa den dritten Theil der Frachten ausgemacht habe, vorzugsweise sei aber Holz und ausserdem auch Eisenerze und Rohtransportirt worden. Die Behauptung, dass die damalige Tragfähigkeit der Schiffe nicht überschritten werden dürfe, ist durch die Erfahrung widerlegt, indem die Schiffe, welche

### 384 XVI. Eigenth. Schiffsschleusen. 114. Geneigte E

die geneigten Ebenen passiren, seitdem sehr vergrößert sie gegenwärtig wahrscheinlich das Doppelte laden. Dass die beim Uebergange über die Ebenen durch den von der Ladung die Seitenwände ausgeübten Druck leiden, ist gewiss nicht Abrede zu stellen, aber ohne Zweifel ist dieser Druck weniger und nachtheiliger, wenn die Ladung in einer losen besteht, die ähnlich einer Erdschüttung die Wände herandrückt, als wenn längere Holzstücke, Dielen u. dgl. im Schiffe aufgestapelt sind, und gar keinen Seitendruck ausüben. Umstand würde daher die Anwendung der geneigten Ebenen den projectirten Kanälen sogar vortheilhafter, als auf der Basis-Kanäle erscheinen lassen. Die Beschädigungen der Schleusen beim Ausheben aus dem Wasser und beim Eintauchen in dasselbe, wovon schon oben die Rede war, und die besonders bei den geneigten Kanälen werth zu sein scheinen, sind in diesem Gutachten gar nicht erwähnt; sie dürften aber gleichfalls in geringerem Maasse zu besorgen sein, wenn die Ladung in längern Hölzern besteht, selbst einige Steifigkeit besitzen, als wenn das Schiff in losen Massen belastet ist.

Nichts desto weniger muss der Ansicht beigestimmt werden, dass diese Art des Schiffahrts-Betriebes sich nur für Schiffe eignet, die noch besonders verstärkt, auch wohl bei der Gestaltung sein müssen, und deshalb für andre Kanäle nicht brauchbar sind.



## Siebenzehnter Abschnitt.

### Schiffahrts-Kanäle.

---

1000

## §. 115.

### Kanäle im Auslande.

Die Schiffahrts-Kanäle sind künstliche Anlagen, welche, übereinstimmend mit ihrer Benennung, Schiffahrts-Wege darstellen. In seltenen Fällen dienen sie zugleich zur Entwässerung von Niederungen, oder auch zur Abführung des Hochwassers. Der erste dieser Nebenzwecke ist gemeinhin ohne wesentlichen Nachtheil zu erreichen, der auch kein merkliches Gefälle und keine bedeutende Strömung im Kanale bedingt (§. 28). Wird dagegen der Schiffahrts-Kanal zur Abführung des Hochwassers benutzt, so pflegt er dadurch vielfachen Beschädigungen ausgesetzt zu werden, und namentlich stellenweise seine Tiefe zu verlieren, so dass vor der jedesmaligen Wiedereröffnung der Schiffahrt Baggerarbeiten und andre Herstellungen vorgenommen werden müssen. Obwohl diese Benutzungsart wegen der vermehrten Unterhaltungskosten und der Störung der Schiffahrt gewiss nicht als zweckmäßig angesehen werden kann, so dehnt sie sich dennoch niemals auf die Zeit des eigentlichen Schiffahrts-Betriebes aus. Während dieser findet keine starke Strömung statt, weil die Anlage sonst nicht mehr ein Kanal, sondern ein Durchstich oder ein künstlicher Fluss oder Strom sein würde. Hiernach unterscheidet sich die Flussschiffahrt von der Kanalschiffahrt dadurch, dass letztere in ruhendem Wasser ausgeübt wird, oder die Strömung im Kanale wenigstens sehr geringe und fast unmerklich ist. Auf den Kanälen müssen daher die Schiffe in beiden Richtungen gezogen werden.

Man könnte hierin leicht vermuthen, dass die Kanalschiffahrt sich gegen die Flussschiffahrt im Nachtheil befände. Montaigne übt den Vorzug der letzten, indem er die Flüsse „wandernde Trassen“ nennt. Dieser Vorzug ist allerdings in Betreff der



Flösserei und derjenigen rohen Schiffahrt nicht in Abrede zu stellen, welche sich auf die einmalige Benutzung jedes Fahrzeuges beschränkt, wie dieses in Polen und zum Theil auch in Nordamerika geschieht, oder wo gar keine Bergfahrt besteht. Wenn man aber die leeren Fahrzeuge gegen den Strom wieder heraufziehn kann, so wird dadurch der Vortheil, dass sie beladen von selbst heruntertreiben, schon vollständig aufgehoben. Die Kanalschiffahrt stellt sich aber auch hiervon abgesehen vergleichungsweise gegen die Flussschiffahrt schon überwiegend vortheilhaft heraus, wenn man ihre Sicherheit, die Gleichmässigkeit des Wasserstandes und die viel grössere Bequemlichkeit des Leinenzuges in Betracht zieht. Beim Kanale liegt der Leinpfad stets neben dem Fahrwasser, und scharfe Krümmungen kommen dabei nur selten vor, und es ist leichter zu befahren, weil kein Strom die Schiffe versetzt, wogegen in beiden Beziehungen selbst auf regulirten Strömen die Schiffahrt häufig wesentlich erschwert wird. Die Kunst der Stromregulirung ist aber erst in neuester Zeit ausgebildet, und nur in wenigen Fällen auf ganze Ströme ausgedehnt; die meisten Ströme befinden sich noch in dem natürlichen verwilderten Zustande und zeigen daher die erwähnten Hindernisse in viel grösserm Masse. Es darf deshalb nicht überraschen, dass man in manchen Fällen zur Seite von Strömen, die ihrer Natur nach in gewissem Grade schiffbar waren oder doch schiffbar gemacht werden konnten, Kanäle erbaut hat.

Die Schiffahrtskanäle kommen indessen keineswegs nur in den Flussthälern oder in den Niederungen vor; seitdem die Schiffschleusen erfunden waren und vorzugsweise auf Kanälen ihre Anwendung fanden, so konnten letztere auch auf das hohe Terrain zur Seite der Flüsse, und selbst über die Wasserscheiden zwischen zwei Flussgebieten geführt werden. Sie stellen daher ganz neue Schiffwege dar, und verbinden Orte mit einander, die von schiffbaren Strömen weit entfernt sind, und von dem Vortheile des Schiffahrtsverkehrs ganz ausgeschlossen zu sein schienen. Wie gross dieser Vortheil vergleichungsweise gegen den gewöhnlichen Landverkehr ist, ergiebt sich am deutlichsten, wenn man die Lasten vergleicht, welche ein Pferd in beiden Fällen ziehen kann. Auf guten Strassen bestimmt sich die Bespannung eines Frachtwagens dadurch, dass man für jedes Pferd 17 bis 20 Centner

ng rechnet. Noch geringer ist sie bei schlechter Beschaffen-  
des Weges, oder wenn starke Steigungen darin vorkommen.  
gen zieht ein Pferd selbst auf engen Kanälen (die einen  
Widerstand veranlassen) schon 600 Centner Ladung, und  
den breiten Kanälen in Holland rechnet man auf jedes Pferd  
1500 Centner, also nahe das Hundertfache von dem, was  
durch dieselbe Betriebskraft auf guten Strassen fördern kann.  
Hieraus erklärt sich der überraschende Einfluss, den Kanal-  
ren in den meisten Fällen auf die Hebung und sogar auf  
Erweckung der Industrie in einzelnen Orten und selbst  
ganzen Provinzen geäussert haben. Wo weite Landtransporte  
Erwerthung der Producte unmöglich machten, und sonach der  
Ablauf und die sonstigen Culturen darniederlagen, namentlich  
die mineralischen Schätze des Bodens ganz unbenutzt bleiben  
blieben, da hat eine Kanalanlage oft plötzlich das ungünstige  
Verhältniss geändert, indem sie die Vertheuerung der Producte durch  
weiten Transport aufhob. In den Gegenden, die ein Kanal  
reicherer Städte und Landschaften unmittelbar verbindet, ent-  
steht sich in kurzer Zeit eine höhere Cultur und gewerbliche  
Thätigkeit, und die verstärkte Zufuhr der wohlfeileren Producte  
auch auf jene reicheren Orte wieder den wohlthätigen Einfluss,  
den die Lebensbedürfnisse und die Rohstoffe, deren der Gewerbi-  
che bedarf, im Preise sinken, und sonach auch hier der neu  
geöffnete Schiffahrtsweg wieder Veranlassung zur Hebung der In-  
dustrie und zur Förderung aller wohlthätigen Folgen derselben  
wurde. Den hohen Standpunkt, den England in jeder Beziehung  
einnimmt, seine Wohlhabenheit, seine commercielle und in-  
dustrielle Entwicklung, und ohne Zweifel auch grossentheils seine  
politische und politische Grösse verdankt es der Erleichterung  
seiner innern Verkehrs, namentlich durch die Kanäle, welche alle  
seiner Ströme und die meisten Häfen mit einander verbinden,  
und die reichen Schätze, die der Boden erzeugt, oder die in ihm  
stecken, über das ganze Land verbreiten. England nahm vor han-  
delt Jahren diesen Standpunkt nicht ein, es stand auf gleicher  
Stufe mit andern Ländern, zum Theil waren diese an Strebsam-  
keit und geistiger Entwicklung ihm überlegen. Seitdem jedoch  
Herzog von Bridgewater den Kanal erbaute, der noch heute  
seinen Namen führt, und die Erfolge dieses Unternehmens für ihn

eben so günstig, wie für die ganze Umgebung segensreich zu stellen, da beeilten sich Kaufleute und Fabrikanten und reiche Grundbesitzer, indem sie sich zu Gesellschaften verbanden, diesem Beispiele zu folgen. Da überall nur das commerciell bedürfniss berücksichtigt werden durfte, so missglückten nur wenige dieser Anlagen, und in den letzten vierzig Jahren des vergangenen Jahrhunderts überzog sich England mit einem Kanalnetze, wie vergleichungsweise zur Grösse des Landes und zu den überwundenen Terrain-Schwierigkeiten noch heute unübertroffen und erreicht ist. In dieser Zeit entfaltete sich Englands Grösse.

Es erscheint angemessen, die Ausdehnung der Kanal-Verbindungen in verschiedenen Ländern in allgemeinen Umrissen zu bezeichnen, doch ist es nothwendig, vorher einige Uebelstände anzuzeigen, welche vergleichungsweise gegen andre Wege des öffentlichen Verkehrs die Kanäle haben.

Hierher gehört vor Allem die Unterbrechung der Schiffahrt bei vorkommenden Reparaturen, namentlich an den Schleusen. Schon im funfzehnten Abschnitte ist wiederholend darauf hingewiesen, wie man in der Anordnung und Construction der Schleusen sich bemühen muss, dergleichen Reparaturen so selten wie möglich eintreten zu lassen, und wenn sie dennoch nicht ganz umgangen werden können, die Dauer der Unterbrechung auf das kürzeste Maass zu beschränken. Nichts desto weniger kommen sie fast überall in jedem Jahre vor, und die Schiffahrt muss alsdann für einige Zeit ganz aufhören. Bei gehöriger Vorbereitung aller vorzunehmenden Bauten und Ausführungen beschränkt sich die Sperrung gemeinhin nur auf eine bis zwei Wochen, dehnt sich aber leider in vielen Fällen weit länger aus. Häufig wird die Kanalschiffahrt auch noch durch Mangel an Speisewasser oder durch zu tiefes Herabsinken des Wasserstandes in den abgelegenen Kanalstrecken unterbrochen, und man bemüht sich alsdann, diese Sperrungen mit einander zu verbinden, wodurch zugleich die Ausführung der Reparaturen sehr erleichtert wird. Nichts desto weniger vereitelt sich diese Absicht häufig dadurch, dass die Wirkung anders ausfällt, als man erwartet hatte.

Ein andres Hinderniss der Kanal-Schiffahrt, namentlich in den nördlichen Ländern, ist das Eis. Dasselbe unterbricht freilich auch die Schiffahrt auf den anschliessenden Strömen, aber es

es wird es durch die Frühjahrs-Fluthen viel eher gehoben und fährt, als es aus den Kanälen verschwindet. In letztern erreicht es auch gemeinhin eine grössere Stärke, als in den ersteren, verhindert daher oft wochenlang die Befahrung derselben, wenn die Schifffahrt auf den Strömen schon eröffnet ist. Von sehr bedenklichen Concurrenz, in welche die Eisenbahnen in der Zeit mit den Kanälen getreten sind, soll später die Rede sein.

Bei Darstellung der wichtigsten Kanal-Verbindungen sind die in England ausgeführten zu erwähnen, und es muss bemerkt werden, dass die Binnenschifffahrt hier mit zwei verschiedenen Arten von Schiffen betrieben wird. Die kleinern Kanäle sind 7, die grössern 14 Fuss breit, während die Länge der 70 Fuss beträgt. Die Schleusen haben die entsprechenden Dimensionen, und es ergibt sich, dass die kleinern Schiffe auch grössern Kanäle befahren können, indem zwei derselben eine die grössere Schifffahrt bestimmte Schleuse vollständig füllen.

Schon im Jahre 1737 entwarf Brindley das Project zu dem Irwell-Kanale, dessen Ausführung 1759 vom Parlament genehmigt, und 1776 beendigt wurde. Derselbe ist 8 deutsche Meilen lang, beginnt bei Manchester und endigt bei Runcorn am Mersey, selbst die Fluthen schon eine geregelte Schifffahrt auf demselben gestatten. Eine Abzweigung dieses Kanales zieht sich nach Worsley nach Leigh, und ist auf einer massiven Brücke über den Irwell geführt. Der Kanal überwindet mittelst zehn Schleusen ein Gefälle von 80 Fuss. Sein Zweck war, die Verbindung zwischen Liverpool und Manchester darzustellen, wogegen die erwähnte Abzweigung die Anfuhr der Kohlen nach Manchester ordnen sollte. Der Leeds-Liverpool-Kanal, der 1779 concessirt wurde, verbindet die beiden Städte, nach denen er benannt ist, und hat eine Länge von nahe 27 deutschen Meilen und 56 Schleusen. Bei Leeds ist der Air-Fluss bereits schiffbar, der sich in die Oase ergiesst, und sonach die Schifffahrts-Verbindung bis zu Leeds darstellt. Die beiden erwähnten Kanäle sind für die grössere Schifffahrt eingerichtet, und eine Menge kleinerer schliessen sich an und dienen theils zur Verbindung der schiffbaren Flüsse unter einander, theils liegen sie streckenweise nur demselben, so dass sie von der Grenze Schottlands bis nach



Nottingham ein vielfach verzweigtes Netz von Wasserstrassen, die kleine Schifffahrt darstellen.

An der nordwestlichen Seite Englands ist ausser dem Lancaster-Kanale, der sich ohnfern der Küste von Preston nach Burton auf 16 deutsche Meilen hinzieht, noch der Chester-Kanal mit seinen sehr wichtigen Verlängerungen zu erwähnen, besonders für die Eisenproduction von grosser Bedeutung. Dieser Kanal beginnt am Trent bei Stockwith und zieht in der Länge von 10 Meilen bis Chesterfield hin, daselbst schliesst sich an ihn der Ellesmere-Kanal von 13 Meilen und der Mersey-Kanal von 6 Meilen Länge. Diese beiden Kanäle in Gebirgsgegenden liegen, sind freilich nur für die kleine Schifffahrt eingerichtet, doch sind sie wegen der darin befindlichen Brückenkanäle und der eigenthümlichen, zum Theil schon beschriebenen Schleusen, in technischer Beziehung höchst wichtig.

Auf der Südseite von Wales liegen wieder eine Menge kleinerer Kanäle, die in den Meerbusen, der Bristol-Kanal genannt wird, einmünden. Die wichtigsten derselben sind der Monmouth-Kanal mit seiner Verlängerung, dem Brecknock- und Abergavenny-Kanal. Die Länge beider beträgt nahe 11 Meilen.

Besonders wichtig sind die Kanäle, welche den Norden mit dem Süden von England verbinden, und in der That von Birmingham einen vielfach verzweigten Knotenpunkt bilden. Der Grand-Trunk- oder der Trent-Mersey-Kanal, der grösstentheils nur für die kleine Schifffahrt eingerichtet ist, beginnt im Kanal des Herzogs von Bridgewater bei Preston und endet in der Einmündung des Derwent in den Trent, von wo ab der Fluss bis zu seiner Mündung in den Humber schiffbar ist. Er wurde in den Jahren 1766 bis 1777 erbaut, ist 20 deutsche Meilen lang und hat 91 Schleusen. Auf den grössten Theil seiner Länge liegt er im Thale des Trent und zum Theil unmittelbar an demselben. An sein östliches Ende schliessen sich noch eine Menge kleinerer Kanäle in den Umgebungen von Nottingham.

Der Staffordshire-Worcestershire-Kanal verbindet den Grand-Trunk bei Haywood mit dem schiffbaren Severn bei Stour. Er ist 1766 bis 1772 ausgeführt, 10 Meilen lang und hat 11 Schleusen. Im Jahre 1826 hat man diesen Kanal noch mit dem Bridgewater-Kanale durch den Birmingham-Liverpool-Kanal



Die Länge desselben beträgt 8 Meilen, und er hat Schleusen.

Der Gloucester- und Leominster-Kanal setzen den Severn schiffbare Verbindung mit dem Innern von Wales, und eine kleinerer Kanäle bilden rings um Birmingham ein vielfachtes Netz von Wasserstrassen für die kleine Schifffahrt.

Der Coventry-Kanal verbindet den Trent-Mersey-Kanal mit dem Severn. Er ist 7 Meilen lang, und schliesst sich an den Oxford-Kanal an. Letzterer ist 18 Meilen lang, hat 42 Schleusen, und ist die kleinere Schifffahrt bis zur Themse bei Oxford ausgebaut. In den Jahren 1769 bis 1790 erbaut. Aus diesem zweigt sich bei Braunston der Grand-Junction-Kanal ab, der bei Brentford in London in die Themse mündet. Derselbe ist 19 Meilen lang, in den Jahren 1792 bis 1805 erbaut und hat 98 Schleusen von grösserer Weite. Der Paddington- und Regents-Kanal setzen die Schifffahrts-Verbindung bis ins Innere von London und sogar bis zum schiffbaren Lea-Fluss, der unterhalb London in die Themse mündet.

Alle von den kleinern, für den Localverkehr bestimmten Kanälen im südlichen Theile Englands zu sprechen, müssen die Verbindungen der Themse mit dem Severn noch betrachtet werden. Die wichtigste derselben bildet der Kennet-Avon-Kanal, der 12 Meilen lang und mit 80 grössern Schleusen versehen ist. Er steht bei Reading mit der Themse und ohnfern Bath in schiffbaren Avon in Verbindung. Der im Anfange dieses Jahrhunderts erbaute Wilts- und Berks-Kanal zweigt sich bei Maidenhead, ohnfern seines westlichen Endes, von ihm ab, und mündet nach Abingdon an der Themse, etwa zwei Meilen unterhalb London.

Die älteste dieser Verbindungen stellt der Thames-Severn-Kanal dar, der bei Lechdale aus der Isis, einem Nebenflusse der Themse, abgeht, und mittelst des Stroudwater-Kanales ohnfern London in den Severn mündet.

Die Verbindung der Themse mit Portsmouth wurde in den Jahren 1813 und 1819 durch den Wey- und Arun-Kanal und Portsmouth-Kanal dargestellt. Ersterer beginnt im Wey, einem Nebenflusse der Themse, ohnfern Guildford, und letzterer endigt in Portsmouth. Beide sind zusammen etwas über 6 Meilen lang und haben 27 Schleusen.

Im Jahre 1835 waren in England und Wales etwa 470 deutsche Meilen Kanäle ausgeführt, so dass durchschnittlich auf  $6\frac{1}{2}$  Quadratmeilen eine deutsche Meile Kanal gerechnet werden konnte.

In Schottland giebt es nur wenige Kanäle, doch stellen zwei derselben die Verbindung zwischen der Nordsee und der Irischen See dar und sind zum Durchgange von kleineren Schiffen eingerichtet. Der erste derselben, der Forth- und Clyde-Kanal, wurde in den Jahren 1768 bis 1790 erbaut. Er ist 35 Meilen lang, beginnt bei Grangemouth am Frith of Forth und endet in der Bucht der Clyde unterhalb Glasgow. Er hat 5 Schleusen und eine Wassertiefe von 10 Fuss. Der andre, der Caledonische Kanal, ist für grössere Schiffe bestimmt. Seine Tiefe beträgt 15 Fuss und seine Breite im Wasserspiegel 120 Fuss. Er beginnt in der Nähe von Inverness am Murray-Frith, und verbindet die Kette von Seen, die in südwestlicher Richtung quer durch Schottland bis zum Loch-Eil hinzieht. Telford erbaute ihn in den Jahren von 1803 bis 1822. Acht und zwanzig Schleusen befinden sich in ihm, und seine Länge, soweit er gegrabener Kanal ist, beträgt nahe 5 deutsche Meilen. Dieses ist der einzige grössere Kanal, den die Regierung der vereinigten Könige hat ausführen lassen, und zugleich der einzige, der beinahe gar nicht benutzt wird, so dass vor etwa zehn Jahren die Frage entstand, ob es rathsam sei, die nothwendigen Reparaturen vorzunehmen, oder ihn ganz eingehn zu lassen. Man entschied sich für das Erstere, und um den Durchgang der Schiffe zu erleichtern und zu sichern, entschloss man sich zur Anschaffung von Dampfschiffen, welche die Segelschiffe durch die langen und schmalen, von Felswänden eingeschlossnen Seen bugsiren sollten. Hierdurch ist allerdings ein wesentlicher Uebelstand beseitigt, die Benutzung des Kanales bisher verhinderte, nichts desto weniger darf man wohl kaum darauf rechnen, dass die Seeschiffe ihn häufig befahren werden, wenn nicht gerade die Umsegelung der nördlichen Küste von Schottland und der Orkney-Inseln wegen ungünstigen und heftigen Windes mit augenscheinlicher Gefahr verbunden ist.

In Frankreich sind viel früher, als in England, schiffbare Kanäle ausgeführt. Der Canal du Midi oder von Languedoc, der die Garonne mit den Flüssen Aude, Orb und Hérault verbindet

ich sämmtlich in das Mittelländische Meer ergiessen, schon in den Jahren 1668 bis 1684 erbaut. Fr. Andréossy erf den Plan zu diesem Kanale, und fand bei Paul Riquet, einen unternehmenden Manne, der durch Lieferungen für die ein grosses Vermögen erworben hatte, die nöthige Unter-ung zur Ausführung desselben. Riquet erhielt von der Re-ung die Concession zum Bau und zugleich für ewige Zeiten recht zur Hebung der Kanal-Zölle nach einem von der Re-ung festgestellten Tarif \*). Der Kanal erstreckt sich von Tou-an der Garonne bis Agde am Hérault und ist 32 deutsche m lang und mit 99 Schleusen, so wie auch mit andern wich-Bauwerken versehen. Sein Gefälle beträgt im Ganzen 803 Rheinländisch.

Im Jahre 1822 wurde der Canal du Midi noch durch die von Seen (Haffe) verlängert, die sich längs der Meeresküste schen und dadurch sowohl mit Cette, als mit Aiguesmortes in Helbare Verbindung gesetzt. Diese Fortsetzung heisst der d des étangs du Midi. Mittelst des Kanales von Beaucaire, bereits 1802 zur Ausführung kam, steht er mit der Rhône erbindung. Auf diese Art stellen die drei benannten Kanäle i Schiffahrtsweg von der Garonne nach der Rhône dar. Die Rhône ist ausserdem mit der Loire durch den Canal Centre, mit der Seine durch den Kanal von Bourgogne und dem Rhein durch den Rhône-Rhein-Kanal verbunden. Der d du Centre erstreckt sich von Digoin an der Loire bis Châ-an der Saône. Seine Länge beträgt 15½ Meilen und sein le, das im Ganzen 666 Rheinl. Fuss misst, ist auf 81 Schleusen eilt. Gauthey hat diesen Kanal entworfen und 1786 vollendet. Kanal von Bourgogne beginnt bei La Roche ohnfern Joigny er Yonne, einem Nebenflusse der Seine, und endet bei leau de Losne an der Saône. Er ist 32 Meilen lang und m Ganzen ein Gefälle von 1593 Fuss, das auf 191 Schleusen eilt ist. Die Schleusen sind 16 Fuss weit. Die Ausführung

) Dieser Kanal ist mehrfach ausführlich beschrieben, und zwar t durch den General Andréossy, einen Nachkommen des Erbauers, dem Titel: „*Histoire du Canal du Midi*.“ Woltman hat von m Werke in seinen „Beiträgen zur Baukunst schiffbarer Kanäle“ deutsche Uebersetzung gegeben.

dieses Kanals ist 1775 unter Perronet's Leitung begonnen, er noch die ausführliche Beschreibung desselben mittheilt, doch ist der Bau erst in neuerer Zeit, und zwar nachdem der Canal Centre vollendet war, beendigt worden zu sein. — Der Rhein-Rhein-Kanal, schon unter Napoleon entworfen, kam erst 1815 und besonders unter der Regierung Louis Philipp's zur Ausführung. Er beginnt ohnfern der Mündung des Kanals von Doubs bei St. Symphorien an der Saône, verfolgt den nicht sehr hohen Doubs, in dessen Bette er zum Theil verlegt ist, und überauf in das Thal der Ill, in die er bei Strassburg mündet. Er ist 43 Meilen lang und hat im Ganzen ein Gefälle von 10 Fuss, und 172 Schleusen. Er steht bei Hünningen mittelst eines Seitenkanals mit dem Oberrhein in Verbindung. Unterhalb der Mündung bei Strassburg ist die Ill bis zum Rheine kanalisiert.

Die Verbindung zwischen der Loire und Seine wird durch mehrere ältere Kanäle dargestellt. Der Kanal von Nivernais beginnt bei Port de Desize an der Loire oberhalb Nevers und mündet ohnfern Auxerre an der Yonne. Er ist 23 Meilen lang, und sein Gefälle von 766 Fuss ist auf 111 Schleusen vertheilt. Weiter abwärts, ohnfern Fontaineblau bei St. Mamert, geht von der Loire ein andrer Kanal, der Canal du Loing, aus, der sich bei Montargis in zwei Arme spaltet, die beide in die Loire münden. Der westliche ist der Kanal von Orléans, er verbindet sich bei Chateaubleux ohnfern Orléans mit der Loire; der östliche, der Kanal von Briare genannt, endigt bei der Stadt gleiches Namens. Der Canal du Loing zieht sich neben dem Flusse Loing hin und zum Theil im Bette desselben. Er wurde in den Jahren 1720 bis 1724 unter Regemortes erbaut, um die Ausfuhr des Holzes aus den Wäldern von Montargis zu erleichtern. Er ist 7 Meilen lang und hat 21 Schleusen, deren Gefälle 125 Fuss beträgt. Der Kanal von Orléans, der die Wasserscheide zwischen der Loire und Seine überschreitet, ist 8½ Meilen lang und sein ganzes Gefälle von 226 Fuss ist auf 28 Schleusen vertheilt. Der Kanal von Briare, der gleichfalls nach beiden Seiten abfällt, ist 7 Meilen lang, hat im Ganzen 372 Fuss Gefälle und 40 Schleusen. Diese Kanäle, die ziemlich gleichzeitig ausgeführt zu sein scheinen, sind nur für kleinere Schiffe eingerichtet, indem ihre Schleusen nur 15 Fuss weit sind.

Oberhalb der Mündung des Kanales von Briare ist die Loire bei gewissen Wasserständen schiffbar, daher hat man von früh in neuerer Zeit einen Seitenkanal angelegt (Canal de la Loire), der bei der Mündung der Kanäle von Nivernais und Centre vorbei bis Roanne die Loire verfolgt, und hier mit der Eisenbahn in Verbindung steht, die über St. Etienne nach Lyon führt. Die Länge dieses Kanales beträgt etwa 30 Meilen. Dann schliesst sich in der Nähe von Névers ein zweiter Kanal, Canal du Berry, an, der bei Bourges in das Thal des Cherons tritt, und bei Tours mit der untern Loire in Verbindung steht; er ist 33 deutsche Meilen lang und sein ganzes Gefälle zwischen Abhängen beträgt 566 Fuss.

Die Seine steht mit der Maas sowohl durch den Ardennenkanal, als auch durch den Sambre-Kanal in Verbindung. Der erste beginnt bei Neufchatel an der Aisne, einem schiffbaren Nebenflusse der Oise, und endigt bei Donchery an der Maas zwischen Sedan und Mézieres. Er ist  $12\frac{1}{2}$  Meilen lang, und sein ganzes Gefälle von 432 Fuss ist auf 45 Schleusen vertheilt. Der zweite Kanal, der erst im Jahre 1838 beendigt ist, beginnt bei Fère am Crozat-Kanale, der die Oise mit der Schelde verbindet, und endet bei Landrecy an der Sambre, einem Nebenflusse der Maas. Er ist 9 Meilen lang, hat 35 Schleusen und im Ganzen ein Gefälle von 303 Fuss.

Der so eben erwähnte Crozat-Kanal beginnt bei Chauny an der Oise, oder vielmehr an dem Seitenkanale der Oise, der von der Mündung der Aisne bei Compiègne sich bis Chauny erstreckt. Endet bei St. Quentin an der Somme, und wird gegenwärtig als ein Theil des Kanales von St. Quentin angesehen, der bis Cambray an der Schelde fortsetzt. Der Crozat-Kanal ist 14 Meilen lang, und sein ganzes Gefälle, das auf 13 Schleusen vertheilt ist, beträgt 100 Fuss. Der eigentliche Kanal St. Quentin ist 7 Meilen lang, hat 22 Schleusen und in beiden Abtheilungen ein Gefälle von 153 Fuss. Dieser Kanal, nach flüchtigen Arbeiten zur Kaiserzeit ausgeführt, zeichnet sich durch sehr viele unterirdische Kanalstrecken aus, welche in mehrfacher Beziehung der Schiffahrt in hohem Grade hinderlich sind. Es lassen sich an die beiden letzterwähnten Kanäle noch einige



andre an, welche die Schelde mit Dünkirchen und Calais, was auch mit St. Valery an der Mündung der Somme verbunden.

Ohne die grosse Anzahl kleinerer Kanäle zu berühren, ausser den erwähnten in Frankreich ausgeführt sind, muss noch der Kanäle in und neben Paris gedacht werden, die in mancher Beziehung grosses Interesse bieten. Hieher gehört zunächst der Ourcq-Kanal, der nicht nur zur Schifffahrt, sondern gleichzeitig auch zur Speisung der Wasserleitungen in Paris diente. Er beginnt bei Mareuil, woselbst er von dem Ourcq-Flusse gespeist wird, und endet in dem Bassin la Villette vor dem Thore Pantin bei Paris. Er ist 13 Meilen lang, und da sein Gefälle zu stark war, als dass ein schiffbarer Wasserstand sich darstellen konnte, so hat man nachträglich fünf Schleusen zu erbauen müssen. Man glaubte ursprünglich diese entbehren können, indem seinem Längenprofile die Form einer Kettenlinie gegeben wurde (§. 66). Auch in andrer Beziehung, und namentlich wegen der leicht zu umgehenden tiefen Einschnitte in den ganz losen Boden, bedurfte der Kanal sehr kostbarer Verankerungen \*). Das Bassin la Villette ist zugleich Speisebassin für zwei andre Kanäle, nämlich für die Kanäle von St. Martin und von St. Denis, die beide von hier nach der Seine führen. Der erste, eine halbe Meile lang und mit 8 Schleusen versehen, zusammen ein Gefälle von 80 Fuss haben, durchschneidet Strassen von Paris und ist zum Theil unterirdisch unter den Häusern hindurchgeführt. Er mündet ohnfern des Eintritts der Seine in Paris, dem Botanischen Garten gegenüber. Der Kanal St. Denis ist nahe eine Meile lang, hat 104 Fuss Gefälle und 12 Schleusen; er bleibt ausserhalb Paris, und mündet weiter abwärts bei la Fère in die Seine. Die beiden letzten Kanäle haben Schleusen von 24 Fuss Weite, können also von den Schiffen befahren werden, die bis Paris heraufkommen, und bieten denselben Gelegenheit, die beschwerliche Fahrt auf der Seine innerhalb der Stadt zu vermeiden.

Endlich muss unter den Französischen Kanälen noch derjenige genannt werden, der die Marne mit dem Rheine verbindet.

\*) Dieser Kanal, sowie auch die folgenden sind in meiner *Schreibung neuerer Wasserbauwerke* ausführlich behandelt.

selbe ist noch nicht beendigt, wiewohl er theilweise bereits fertig ist. Er gehört zu den wichtigsten Kanälen, und vielfache Schwierigkeiten bot seine Ausführung; er erscheint daher besonders geeignet, um die verschiedenen Rücksichten, die bei einer Kanal-Anlage zu nehmen sind, darzustellen. Seine nähere Beschreibung wird später ausführlich gegeben werden. Hier wäre zu bemerken, dass er bei Vitry an der Marne beginnt, die Mosel und Saar überschreitet, und bei Strassburg endigt.

In Belgien giebt es gleichfalls eine grosse Anzahl Schiffahrts-Kanäle, von denen einige schon aus dem 13ten Jahrhunderte führen. Diese sind indessen, ähnlich den meisten Niederländischen Kanälen, in den Marschen belegen, und stellen nur Verbindungen von lokalem Interesse dar. Wichtig sind jedoch die Kanäle in der Nähe der Nordseeküste, welche sich im Anschlusse an Calais und Dünkirchen über Turnes, Nieuport, Ostende und Brügge bis nach Sluyskens, das schon zum Königreich der Niederlande gehört, hinziehen. Sie stehen mit der Schelde bei Gent in unmittelbarer Verbindung, und von hier führt ein andrer Kanal, den schon oben (§. 111) Erwähnung geschah, nach Terneuzen an die weite Mündung der Wester-Schelde. Eine andre wichtige Anlage ist der Kanal, der von Maastricht bis Herzogen-Busch führt, daher eigentlich ein Seitenkanal der Maas ist, wiewohl er sich theilweise sehr weit von diesem Strome entfernt. Er wurde zur derzeit ausgeführt, um die bei kleinem Wasser höchst beschwerliche Befahrung der Maas zu umgehen. Zum Theil liegt der Kanal jetzt im Niederländischen Gebiete.

Im Königreich der Niederlande giebt es verhältnissmässig vielleicht die meisten Schiffahrts-Kanäle. Sie stellen in ihnen keine Verbindung zwischen Stromgebieten dar, die durch die natürliche Beschaffenheit des Landes von einander getrennt sind, vielmehr liegen sie grossentheils in der weit ausgedehnten Niederung, welche vor den vielfach verzweigten Mündungen des Rheins, der Maas und Schelde sich gebildet hat. Ihre Ausführung bedemnach weniger Schwierigkeiten, als in den höher belegenen Theilen, und zum Theil sind diese Schiffahrts-Kanäle nichts anderes als Entwässerungsgräben, die man schon zur Trockenlegung der eingedeichten Niederungen ausführen musste. Es soll damit keineswegs gesagt sein, dass sie in hydrotechnischer Be-

ziehung ohne Interesse sind, vielmehr hat ihre Anlage oft die sorgfältigste Berücksichtigung der Fluthverhältnisse und der gewöhnlichen Fällen (wie etwa bei Deichbrüchen) einer Strömungen erfordert. Nichts desto weniger sind sie hier die wichtigsten Schifffahrts-Verbindungen namhaft gemacht, zu übergehen. Dagegen müssen zwei Kanäle erwähnt werden, die wegen ihrer grossen Dimensionen von besonderer Bedeutung sind.

Der erste derselben ist der Nordholländische Kanal, theils für Kriegsschiffe und theils für die grössten Kanalschiffe bestimmt. Er beginnt am nördlichen Ufer des Yssel gegenüber, ohnfern Buikslot, und endigt auf dem Nordhollands im Hafen Nieuwendiep neben dem Helder. Die Ausführung wurde 1819 begonnen und 1825 beendigt. Seine Länge beträgt etwa 10 Meilen. Im Wasserspiegel ist er 22 Fuss breit, und seine Sohle sollte 22 Fuss tief darunter gelegt werden, doch hat er diese Tiefe nicht erhalten, wenigstens begnügte sich bei der ersten Ausführung mit 18 Fuss, weil die Vertiefung zu grosse Schwierigkeiten bot. Er hat drei Schiffsschleusen: an jedem Ende eine, und eine in der Mitte. Die Schleusen bei Buikslot und Nieuwendiep sind 50 Fuss weit, die Schleuse bei Nieuwendiep hat eine Weite von 54 Fuss, indem sie zu dem dahinter liegenden Dock für Kriegsschiffe führt. Die Dampfen aller Schleusen sind bis zu der ursprünglich beabsichtigten Tiefe von 22 Fuss gesenkt. Ausser diesen eigentlichen Schiffsschleusen sind mehrere Sicherheitsschleusen und andre wichtige Anlagen am Kanal ausgeführt \*).

\*) In der „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke“ habe ich Details dieses Kanals mitgetheilt.

Ein anderer, im merkantilischen Interesse viel wichtigerer Kanal ist derjenige, der in neuester Zeit durch die Insel Voorne hergeführt ist. Er verbindet die Maas unterhalb Rotterdam mit dem Hooftkreek neben Hellevoetsluis, und giebt Gelegenheit, dass die meisten Kauffahrteischiffe, ohne die seichte Mündung der Maas zu Briel zu passiren, und ohne den weiten und gleichfalls nicht sehr tiefen Umweg bei Dordrecht vorbei machen zu dürfen, nach Rotterdam gelangen können. Dieser Kanal, der Kanal von Voorne genannt, ist etwas über eine Meile lang, in der Mitte 118 Fuss breit und 18 Fuss tief. An jedem Ende ist er mit einer Kammersekluse versehen von 35 Fuss Weite. Die Klappen liegen mit der Kanalsohle in gleicher Höhe.

In den Vereinigten Staaten Nord-Amerika's sind im Laufe dieses Jahrhunderts Kanäle von solcher Ausdehnung und Ueberwindung so grosser Terrain-Schwierigkeiten entstanden, wie sie in beiden Beziehungen alle Anlagen dieser Art in Europa übertreffen scheinen. Das Bedürfniss forderte hier freilich unmissbar die Darstellung von Handelswegen, die dem plötzlichen Anstiege und Aufblühen der Cultur und Industrie in den bisher ganz unbewohnten Gegenden entsprachen, und bei der weiten Ausdehnung des Landes und der grossen Länge der darzustellen- den Wege musste man sogleich auf Transportmittel Bedacht nehmen, um die Producte und Fabrikate nicht zu sehr vertheuerten. Man bei uns jede Verbesserung, wodurch der bisherige Verkehr eine Erleichterung erfährt, schon als eine Wohlthat gepriesen, so konnte von einem ähnlichen langsamen Fortschreiten in dem Lande nicht die Rede sein, das gar keine Strassen oder Verkehrsmittel hatte, als seine weit von einander entfernten Theile, und welches plötzlich eine hoch gebildete, strebsame und allen geistigen und physischen Kräften reich begabte Bevölkerung erhielt, die, an die Segnungen der Cultur gewöhnt, diesen für die Dauer nicht entbehren konnte. Die Darstellung der verschiedenartigen künstlichen Wasserstrassen war unter diesen Verhältnissen dringendes Bedürfniss, und in wenigen Jahrzehenden fanden sie in einer Anzahl und Ausdehnung, die um so mehr Veränderung erregt, als die grössten Terrain-Schwierigkeiten überwunden werden mussten. Wo die Speisung eines Kanales möglichst war, blieb nur übrig, den Kanal in eine Eisenbahn



übergehn zu lassen, und das Schiff, auf den Wagen gestellt, von der Dampfmaschine über die Gebirge gezogen, bis es auf andern Seite seinen Weg im Kanale weiter fortsetzt. Ich habe die wichtigsten dieser Kanalverbindungen in der Reihenfolge (Tanner \*) sie aufzählt, hier andeuten, muss aber ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dass die Ergebnisse der letzten Jahre, worüber ich keine Nachrichten sammeln konnte, in der Zusammenstellung fehlen.

Im Staate Maine verbindet der im Jahre 1829 beendete Cumberland-Oxford-Kanal den Hafen Portland mit den im Lande belegenen Seen, deren natürlichen Abfluss der Androscoggin ist. Er ist 10½ deutsche Meilen lang, 4 Fuss tief und hat 26 Schleusen.

Die Kanäle in New-Hampshire und Vermont führen auf kurze Strecken zur Seite der Flüsse Merrinack und Connecticut River und umgehen die Wasserfälle derselben.

In Massachusetts wurde schon im Jahre 1808 der Merrimack-Kanal beendet, der bei Chelmsford am Merrimack beginnt und nach dem Hafen von Boston führt. Er ist 6½ Meilen lang, 3 Fuss tief und sein Gefälle von 132 Fuss ist auf 20 Schleusen vertheilt. 1828 wurde ein andrer Kanal, nämlich der Kanal Blackstone eröffnet, der sich längs des Pawtucket-Flusses von Worcester bis zur Mündung bei Providence hinzieht. Er ist 9½ Meilen lang, 4 Fuss tief, und hat 48 Schleusen von 10 bis 20 Weite. Der 1831 beendigte Hampshire-Hampden-Kanal ist eine Verlängerung des Farmington-Kanales in Connecticut, erstreckt sich von diesem bis 5 Meilen hinter Nordhampton am Connecticut-Flusse.

Der erwähnte Farmington-Kanal im Staate Connecticut zieht sich in einiger Entfernung von dem Flusse gleiches Namens und zwar auf dessen westlichem Ufer auf 12 deutsche Meilen und endigt in dem Meerbusen Long-Sound bei Newhaven.

Im Staate New-York sind viele und sehr wichtige Kanäle und zwar sämmtlich auf Kosten der Regierung ausgeführt. Der grösste derselben ist der Erie-Kanal. Schon 1808 wurden nöthigen Aufnahmen und sonstigen Vorarbeiten begonnen.

---

\*) *A Description of the Canals and Rail-Roads of the United States.* New-York 1840.



der Bau an und 1819 konnte bereits ein Theil des Kanales, nämlich von Utica am Mohawk bis Montezuma in der Nähe des Erie-Sees eröffnet werden. 1825 wurde er in seiner ganzen Ausdehnung beendigt. Er beginnt bei Albany am schiffbaren Hudson, verfolgt den Mohawk, einen Nebenfluss des Hudson, überwindet denselben, sowie die sämtlichen südlichen Zuflüsse des Erie-Sees in Brücken-Kanälen, von denen besonders derjenige, der bei Rochester über den Genesee führt, merkwürdig ist. In der Nähe von Lockport erhebt er sich über den Erie-See und mündet in denselben bei Buffalo. Er ist  $76\frac{1}{2}$  deutsche Meilen lang und 4 Fuss tief. Das Gefälle von 671 Fuss ist auf 84 Schleusen vertheilt, die 15 Fuss weit sind. An der Südseite des Erie-Sees ist er auf 15 Meilen Länge horizontal geführt. Der Verkehr auf diesem Kanale ist so bedeutend, dass man schon im Jahre 1825 ihn für grössere Fahrzeuge einzurichten anfang. Er wird nun auf 6 Fuss vertieft, und die sämtlichen Schleusen werden grössern Dimensionen umgebaut. Ob diese Arbeit bereits ganz beendigt worden, ist unbekannt.

Der Champlain-Kanal beginnt dem Erie-Kanal gegenüber am Ontario-See und endigt bei Whitehall am Champlain-See. Aus letzterem führt der schiffbare Richelieu-Fluss nach dem St. Lorenz-Strome. Dieser Kanal wurde 1819 eröffnet. Er ist  $16\frac{1}{2}$  Meilen lang und 4 Fuss tief. 21 Schleusen von 14 Fuss Weite heben das Gefälle auf, das im Ganzen 183 Fuss beträgt.

Der Chenango-Kanal bildet eine Abzweigung vom Erie-Kanal. Er geht von demselben bei Utica aus, und endigt am Susquehanna bei Binghamton, von wo ab dieser Strom canalisirt ist. Er stellt auch eine Verbindung zwischen den grossen Amerikanischen Seen und der Chesapeake-Bai dar. Er ist nahe 21 deutsche Meilen lang, und sein Gefälle von 980 Fuss ist auf 116 Schleusen vertheilt.

Der Black-River-Kanal, gleichfalls an den Erie-Kanal angeschlossen, verbindet denselben mit dem Ontario-See bei Carthago. Die Ausführung wurde vor etwa 12 Jahren bei Rom am Erie-See begonnen, und ist wahrscheinlich nunmehr vollendet. Seine Länge beträgt 18 Meilen, und sein ganzes Gefälle 1046 Fuss.

Der Oswego-Kanal verbindet gleichfalls den Erie-Kanal bei Oswego mit dem Ontario-See, und zwar an dessen östlichem Ende;

Derselbe wurde schon 1828 eröffnet, seine Länge beträgt 8 Meilen und sein Gefälle von 119 Fuss ist auf 14 Schleusen von 17 Fuss Weite vertheilt.

Der Cayuga-Seneca-Kanal stellt die Verbindung der beiden Seen, die diese Namen führen (südwärts vom Ontario-See), mit dem Erie-Kanal dar, von dem er bei Montezuma abgeht. Er wurde 1829 eröffnet, 5 Meilen lang und hat 11 Schleusen.

Der Chemung-Kanal bildet eine Fortsetzung des letzteren, indem er bei Elmira aus dem Seneca-See abgeht, und zum Theil einem Nebenflusse des Susquehanna führt. Seine Länge beträgt 5 Meilen und sein Gefälle von 501 Fuss ist auf 52 Schleusen vertheilt. Er wurde 1833 vollendet.

Der Utica-Oswego-Kanal soll mittelst des Oneida-Sees den grössern Schiffen des Ontario-Sees einen Weg bis Utica eröffnen. Seine Ausführung wurde 1839 beschlossen.

Der Delaware-Hudson-Kanal beginnt bei Eddyville unterhalb Kingston am Hudson und mündet oberhalb des Lackawaxen in den Delaware. Seine Fortsetzung bildet der in Pennsylvanien gelegene Lackawaxen-Kanal, der im Thale dieses Flusses hinsteigt bis zur Carbondaler Eisenbahn. Letztere ist 3½ deutsche Meilen lang, und steigt anfangs 885 Fuss, und fällt dann 11 Fuss zu den Kohlenzechen herab. Beide Kanäle wurden 1828 eröffnet, und sind zusammen 23 Meilen lang. Ihr ganzes Gefälle von 922 Fuss ist auf 107 Schleusen von 9 Fuss Weite vertheilt. Der Wasserstand beträgt 4 Fuss.

Der Genesee-Kanal endlich stellt noch eine Verbindung zwischen dem Mississippi und dem weit verzweigten Netze des Erie-Kanales dar. Er beginnt an dem Letztern bei Rochester, steigt im Thale des Genesee herauf und fällt in den Allegany, einen Nebenfluss des Ohio. Er ist nahe 26 deutsche Meilen lang und sein Gefälle von 1031 Fuss ist auf 114 Schleusen vertheilt.

Im Staate New-Yersey muss zuerst der Delaware-Raritan-Kanal erwähnt werden, der ein wichtiges Glied der ausgedehnten Binnen-Schiffahrt für Seeschiffe bildet. Er verbindet Philadelphia mit New-York. Bei Bordentown oberhalb Philadelphia geht er vom Delaware aus, übersteigt bei Trenton die Wasserscheide und mündet bei New-Brunswick in den Raritan, der unterhalb Long Island sich mit dem Hudson verbindet. Er wurde 1834 erö-

ten lang, 7 Fuss tief, und sein Gefälle von 113 Fuss Schleusen von 24 Fuss Weite vertheilt.

Morris-Kanal ist schon oben bei Gelegenheit der genannten (§. 114) ausführlich beschrieben. Er beginnt bei New-York gegenüber, übersteigt die hohe Wasserfischen Hudson und Delaware, und mündet in den letzteren bei Philipsburg, gegenüber Easton. Er ist 22 deutsche Meilen lang, 7 Fuss tief, und sein ganzes Gefälle, das theils durch steile, theils durch geneigte Ebenen aufgehoben wird, beträgt 113 Fuss.

Die Kanäle Pennsylvanien besteht wieder ein grossartiges System, welches namentlich den Ohio, und durch diesen den Mississippi mit den östlichen Strömen verbindet. Die Hauptkanäle sind unter der Benennung des Pennsylvania-Kanales von der Regierung ausgeführt. Mit der Beschreibung der verschiedenen Theile desselben soll der Anfang gemacht werden, doch ist vorher zu bemerken, dass die Verbindung des Shuylkill mit dem Susquehanna 1762 untersucht, und die Ausführung derselben 1791 begonnen wurde. Die Arbeiten wurden jedoch 1794 unterbrochen und erst 1811 wieder aufgenommen. Im Jahre 1824 wurden die wichtigsten Theile des ganzen Kanales der Schifffahrt eröffnet.

Der mittlere Theil (Central-Division) beginnt bei Columbiana, geht durch Middletown, wo er mit dem Union-Kanal in Verbindung steht, steigt den Kanal des Juniata bis zum Fusse des steilen und dünnen Gebirges bei Hollidaysburg herauf, von wo ihn eine Eisenbahn über das Gebirge fortsetzt. Dieser Theil des Kanales ist 22 deutsche Meilen lang, 7 Fuss tief, und sein Gefälle von 113 Fuss auf 108 Schleusen vertheilt, die 15 Fuss weit sind. Die Eisenbahn, die ihn über die Wasserscheide fortsetzt (Portage Rail Road), ist 8 Meilen lang, steigt auf der westlichen Seite auf 1356 Fuss, und fällt auf der westlichen Seite auf 108 Fuss. Sie ist abwechselnd nahe horizontal geführt, so dass zwischen den horizontalen Strecken eine grosse Anzahl von Rampen, die auf 100 Fuss Länge 7½ bis 10½ Fuss steil sind, liegen. Oberhalb einer jeden derselben sind zwei stehende Schleusen, eine zum Dienste und eine zur Reserve, jede

von 35 Pferdekraften aufgestellt. Sie bewegen jedesmal ein Schiff ohne Ende, an welchem gleichzeitig vier Wagen herauf-, und ebenso viele herabgehn. Ein sogenannter Sicherheitswagen, der eine kräftige Bremsvorrichtung trägt, wird jedem Zuge angeschlossen. Nach Tanners Mittheilung ist der einzelne Wagen mit 7000 Pfd. belastet, und in einer Stunde fördert die Maschine 6 bis 10 Züge. In neuerer Zeit scheinen die Ladungen viel bedeutender zu sein. Die vier Fahrzeuge, welche gleichzeitig auf die Eisenbahn aufgestellt werden, sind kurze viereckige Kasten, von denen nur einer vorn, und einer hinten zugeschärft sind. Sobald sie die Eisenbahn verlassen haben, und wieder im Kanale schwimmen, werden sie zu einem einzelnen Schiffe zusammengesetzt, indem je zwei Theile sich durch eiserne Bolzen oder eine horizontale Achse mit einander verbinden lassen. Sie gewähren alsdann alle Theile eines grösseren Schiffes, und unterscheiden sich von solchen nur durch die Zwischenwände, die jede einzelne Abtheilung begrenzen.

An diese Eisenbahn schliesst sich von der andern Seite die westliche Abtheilung des Pennsylvania-Kanales an (*Western Division*). Sie beginnt bei Johnstown am Fusse des Allegany-Gebirges, durchschreitet den Allegany-Fluss bei Indiana in einem grossen Brückkanale und tritt bei Pittsburg in den Ohio, der sich hier aus dem Allegany und dem Monongahela bildet. Die Länge dieser Abtheilung misst 30 deutsche Meilen, und darin befinden sich 66 Schleusen, die ein Gefälle von 457 Fuss aufheben.

Die zuerst genannte mittlere Abtheilung setzt sich auf der Ostseite (*Susquehanna Division*) auf 8 Meilen Länge bis New-York-County fort. Sie bildet einen Seitenkanal des Susquehanna-Flusses und ist mit 12 Schleusen versehen. Neben dem genannten Hauptkanale entsteht der Susquehanna aus der Verbindung von zwei Flüssen, die beide seinen Namen führen, die aber zum Unterschiede der westliche und der nördliche Susquehanna genannt werden. Der Kanal spaltet sich hier gleichfalls, und verfolgt beide benannten Flüsse. Die westliche Abzweigung (*West Branch Division*) setzt sich in 19 Schleusen nahe 16 Meilen aufwärts bis Farrandville fort. Die nördliche dagegen (*North Branch Division*) von gleicher Länge verfolgt den andern Flusslauf bis zum Thale des Wyoming. Sie hat 7 Schleusen. Diese soll noch 19 Meilen weit verlängert,



dem Chenango-Kanale im Staate New-York fortgesetzt werden die Verbindung mit dem Erie-Kanale darzustellen.

Eine andre Abtheilung des Pennsylvania-Kanales, nach dem Namen benannt (*Delaware Division*), beginnt bei Bristol am Delaware 4 Meilen oberhalb Philadelphia, und verfolgt diesen Strom nach oben aufwärts bis Easton, wo am linken Ufer der Morris-Kanal und am rechten der Lehigh-Kanal mündet, der zu den reichen Anthracit-Kohlen-Zechen führt. In dieser Abtheilung liegen 23 Meilen von 11 Fuss Weite.

Im dem Netze des Pennsylvania-Kanales gehören noch die folgenden Verbindungen, die sich an dessen westliche Abtheilung anschliessen. Die Abtheilung des Beaver (*Beaver Division*) beginnt an der Stadt dieses Namens, neben der Mündung des Kanals gleiches Namens oberhalb Pittsburg. Sie verfolgt das Thal des Beaver bis New-Castle, von wo sie in das Thal des Ohio übergeht. Sie ist  $6\frac{1}{2}$  Meilen lang und hat 17 Schleusen. Die weitere Fortsetzung (*Franklin Line*) verfolgt den schiffbaren Kanal jener Abtheilung bis zum Conneaut-See in der Nähe Trudville. Sie hat keine Schleusen und ist 5 Meilen lang. Am genannten See beginnt eine neue Abtheilung (*Erie Extension*), die von Lexington bis zum Erie-See, neben der Stadt gleiches Namens führt. Ihre Länge beträgt nahe 10 Meilen. Ob diese schon vollständig ausgeführt sind, ist mir nicht bekannt. Die Kanäle von New-Castle am Beaver bis zum Conneaut-See liegen 495 Fuss an, und senken sich von da bis zum Erie-See 495 Fuss herab.

Diese sämtlichen Theile des Pennsylvania-Kanales, die von der Regierung ausgeführt werden, umfassen keineswegs alle Kanäle im Staate Pennsylvanien, vielmehr hat die Privat-Industrie durch Actien-Vereinen hier noch sehr bedeutende Schiffahrtswege angelegt.

Hierher gehört zunächst die Canalisirung des Shuylkill (*Shuylkill Extension*). Alle Strecken dieses Stromes, welche wegen starker oder mangelnder Tiefe die Schiffahrt gefährdeten oder behinderten, sind von den Zechen der Anthracit-Kohlen bei Carbon, in der Nähe von Orvigsburg abwärts, bis Philadelphia durch Seitenkanäle umgangen. Die Gesamtlänge dieser Kanäle beträgt  $12\frac{1}{2}$  deutsche Meilen, und es befinden sich darin



129 Schleusen von 17 Fuss Weite. Der Shuylkill ist hierauf auf 23 Meilen Länge schiffbar gemacht.

Der Union-Kanal geht bei Reading von dem canalisierten Shuylkill in westlicher Richtung ab, übersteigt bei Lebanon die Wasserscheide und verbindet sich bei Middletown mit dem Susquehanna. Er ist nahe 18 Meilen lang, und sein beiderseitiges Gefälle von 504 Fuss wird durch 93 Schleusen von 64 Fuss Weite aufgehoben.

Ferner ist die Canalisirung des Lehigh (*Lehigh Navigation*) ein sehr wichtiges Unternehmen, indem dieser Fluss in dem Lehigh-Gebirge entspringt, dessen Flötze mitunter 50 bis 60 Fuss hoch sind. Die Gesellschaft, welche den Lehigh schiffbar macht, besitzt selbst etwa 10000 Morgen Land, worin sie eine Zechen eröffnet hat, deren Ertrag sie selbst verschifft. Die Lehigh-Kanäle, zusammen 8 Meilen lang und mit 73 Schleusen versehen, beginnen unterhalb der Wasserfälle des Lehigh bei Stoddard und erstrecken sich bei Easton, wo der Delaware-Kanal, System des Pennsylvania-Kanales gehörend, und zugleich der Morris-Kanal beginnt. Die ganze Länge der Lehigh-Schleusen mit Einschluss der zwischen den Schleusenkanälen liegenden Strecken beträgt 18 Meilen. Die Schleusen oberhalb Mauch Chunk sind 20 Fuss weit und werden von Schiffen befahren, die 2000 Centner laden; die 44 untern Schleusen sind nur 2 Fuss weiter. Sie zeichnen sich überdiess durch sehr steile Gefälle aus. Dasselbe beträgt bei einer sogar 30 Fuss.

Unter den übrigen weniger ausgedehnten Kanälen muss der Susquehanna-Kanal erwähnt werden, der auf der rechten Seite des Susquehanna von Havre de Grace an der Chesapeake 9½ Meilen bis Wrightsville, Columbia gegenüber, ansteigt. Sein Gefälle von 226 Fuss ist auf 29 Schleusen von 16 Fuss Weite vertheilt.

Im Staate Delaware ist nur der Chesapeake-Delaware-Kanal zu erwähnen, der wieder für die kleinern Seeschiffe einen Ausweg eröffnet. Er beginnt am Delaware etwa 9 Meilen nördlich von Philadelphia, wo der Fluss schon einen weiten Busen bildet, fließt sich bei St. Georges vorbei und mündet in den Busen Back Bay, der mit der Chesapeake-Bai in Verbindung steht. Seine

ist nahe 3 Meilen, seine Tiefe 10 Fuss. Er ist mit 4 Schleusen von 12 Fuss Weite versehen. 1829 wurde er eröffnet.

In Maryland ist der Chesapeake-Ohio-Kanal gegenwärtig scheinlich beendigt. Er beginnt bei Georgetown am Potomak in Washington und sollte nach Pittsburg am Ohio geführt werden. Vor 10 Jahren war er auf die Länge von 29 deutschen Meilen bis Hancock bereits eröffnet. Seine ganze Länge sollte 75 deutsche Meilen betragen, und es waren darin 75 Schleusen von 15 Fuss Weite projectirt.

Der James-River und Kanawha-Kanal stellt im Staate Virginia gleichfalls eine Verbindung zwischen der Chesapeake-Bai und dem Ohio dar. Er war vor 10 Jahren nur auf eine geringe Strecke beendigt. Er beginnt bei Richmond an dem bis hier schiffbaren James-River, verfolgt denselben als Seitenkanal bis Lynchburg.

Alsdann soll ihn eine Eisenbahn über das Allegany-Gebirge nehmen, bis er ostwärts desselben wieder als Kanal im Thale zwischen Kanawha und Kanawha bis zur Mündung des letztern in den James gezogen wird. Seine ganze Länge wird 91 deutsche Meilen betragen.

Der Dismal-Swamp-Kanal bildet wieder die Fortsetzung des Kanals für kleinere Seeschiffe. Er geht von Norfolk in der Chesapeake-Bai aus, und endigt in dem Albemarle-Sound. Seine Länge beträgt 5 Meilen, und er hat 6 Schleusen von 20 Fuss Weite. In Nord-Carolina ist besonders die Fortsetzung des Binnenkanals für kleinere Seeschiffe wichtig. Der North-West-Kanal verbindet den Albemarle-Sound mittelst des North-West-River mit dem Pamlico-Sound. Er ist  $1\frac{1}{2}$  Meilen lang, und seine Schleusen sind 24 Fuss weit. Der Clubfoot-Harlow-Kanal, der 2 Meile lang ist, verbindet aber wieder den Pamlico-Sound unmittelbar mit dem Atlantischen Meere, indem er die Halbinsel zwischen beiden schneidet, welche in dem Vorgebirge Lookout endet.

In Süd-Carolina ist nur der Santée-Kanal zu erwähnen, den der Fluss gleiches Namens mit dem Hafen Charlestown verbindet. Er ist  $4\frac{1}{2}$  Meilen lang und mit 13 Schleusen von 10 Fuss Weite versehen.

Unter den Kanälen in Alabama verdient vorzugsweise der Mobile-Shoals-Kanal Erwähnung. Derselbe umgeht die Wasserfälle gleiches Namens im Tennessee-Flusse, und zwar musste er

wegen Mangel an Raum im Flusshette selbst vor den Häufern angelegt werden. Er ist  $7\frac{1}{4}$  Meilen lang und 6 Fuss tief und hat 16 Schleusen. Sobald einige andre hinderliche Wasserfälle im Tennessee beseitigt sein werden, wird eine durchgehende Dampfschiffahrts-Verbindung vom Staate Alabama bis zum Mississippi eröffnet werden können.

In Louisiana bilden die ausgedehnten Marschen bei der Mündung des Mississippi ein weites Feld für künftige Kanal- und Hafenbauten, die um so dringender erforderlich sind, es hier nicht nur darauf ankommt, sichere und bequeme Schifffahrtswege darzustellen, sondern auch grosse Flächen eines fruchtbaren Bodens nutzbar zu machen. Und vor Allem ist es nothwendig, durch Entfernung der Hindernisse aus den Umgebungen von New-Orleans daselbst ein besseres Klima zu schaffen. Die bis jetzt hier ausgeführten Kanäle sind von wenig Bedeutung. Sie bestehen zunächst aus dem Bank-Kanal, der die Verbindung des Mississippi mit dem tiefen Pontchartrain-See darstellt. Obwohl er nur  $1\frac{1}{2}$  Meilen lang ist, so hat seine Anlage doch über eine Million Dollars gekostet. Sodann ist die Barataria-Navigation zu erwähnen, welche besteht aus zwei Kanälen, von denen der eine den Mississippi bei New-Orleans gegenüber, mit dem Barataria-See, und der andere diesen See mit der Atchafalaya-Bai verbindet. Beide Kanäle zusammen nahe 5 Meilen lang, mit Einschluss der Seen, bilden sie einen Schifffahrtsweg von  $13\frac{1}{4}$  Meilen dar.

In Kentucky ist nur der kleine, kaum eine Meile lange Louisville-Potsdam-Kanal zu erwähnen, der zur Umgehung der Wasserfälle im Ohio bei Louisville einen Weg für grössere Schiffe darstellt. Er ist 10 Fuss tief.

Im Staate Illinois ist in neuerer Zeit eine sehr wichtige Schifffahrtsverbindung durch den Illinois-Michigan-Kanal angelegt. Dieser Kanal, für Dampfschiffe bestimmt und 6 Fuss tief, beginnt bei Chicago am Michigan-See, steigt mittelst 2 Schleusen auf eine wenig erhabene Ebene, welche die Wasserscheide des Mississippi bildet, und verfolgt alsdann den Illinois-Fluss bis unterhalb der Mündung, wo derselbe für Dampfschiffe fahrbar wird. Seine Länge beträgt nahe 23 Meilen.

Noch bedeutender sind die in neuester Zeit im Staate Indiana angeführten Kanäle, von denen es jedoch wieder ungewiss ist, ob sie ganz beendigt sind. Der Wabash-Erie-Kanal verbindet die Erie-See bei Toledo mit dem Wabash-Flusse, und zieht sich seitwärts desselben bis Lafayette hin. Seine Länge beträgt 39 deutsche Meilen, und es war Absicht, ihn noch weiter abwärts unter die Wasserfälle im Wabash fortzusetzen. Bei Logansport, auf dem östlichen Abhange dieses Kanales, soll der Central-Kanal beginnen, der, auf eine grosse Strecke dem White-River folgend, bei Evansville unmittelbar in den Ohio mündet. Seine Länge wird 62 deutsche Meilen messen. Der White-Water-Kanal, dem Flusse gleiches Namens folgend, verbindet Lawrenceburg am Ohio (ohnfern Cincinnati) mit Cambridge. Er ist 16 Meilen lang. Im Staate Ohio ist besonders der 1832 eröffnete Ohio-Erie-Kanal wichtig. Er steigt vom Ohio bei Portsmouth längs dem Ufer hinauf und endigt bei Cleveland am Erie-See. Er ist über 100 deutsche Meilen lang und 4 Fuss tief. Sein ganzes Gefälle von 1150 Fuss ist auf 125 Schleusen vertheilt. Eine ähnliche Verbindung wird weiter ostwärts noch durch den Miami-Kanal hergestellt. Derselbe beginnt bei Cincinnati am Ohio und endigt bei Defiance am Wabash-Erie-Kanal. Seine Länge beträgt 38 Meilen und sein ganzes Gefälle 758 Fuss.

In dem Staate Michigan sind gleichfalls sehr bedeutende Kanäle in Aussicht genommen und wahrscheinlich bereits theilweise vollendet. Hieher gehört namentlich die Verbindung des Huron-Sees mit dem Huronen-See, sowie auch die Verbindung des Huron-Sees mit dem St. Clair-See, der schon von Natur mit dem Erie-See verbunden ist.

In vorstehender Beschreibung der Nord-Amerikanischen Kanäle ist bereits auf diejenigen aufmerksam gemacht, welche zwischen verschiedenen Buchten der östlichen Küste einen Weg für Seeschiffe darstellen. Dieser Binnenweg erstreckt sich von Cape Cod in Massachusetts bis jenseit des Cape Lookout in North-Carolina, er ist also etwa 150 deutsche Meilen lang. Der Zweck dieser Verbindung war zunächst die Sicherung der Küstenfahrt zur Zeit der Kriege mit England. Sie ist aber für die Erleichterung des Verkehrs auch noch insofern von grosser Wichtigkeit, als die Küstenströmung hier so bedeutend ist, dass die



kleineren Segelschiffe nur bei besonders günstigem und hinreichend starkem Winde dieselbe überwinden können. Diese Strömung, der Golf-Strom genannt, ist stets von Süden nach Norden gerichtet.

Die Kanäle in Canada sind, wenn auch nicht von grosser Ausdehnung, doch so bedeutend, dass sie hier nicht übergangen werden dürfen. Sie bezwecken vorzugsweise die Erleichterung der Schiffahrt auf dem St. Lorenz-Strom und dem Niagara, es zwar sind sie in solchen Dimensionen ausgeführt, dass grosser Dampfboote darauf fahren können. Die benannten Ströme hat die Englische Regierung bei Bestimmung der Grenzen sich vorbehalten und augenscheinlich ist es ihre Absicht gewesen, durch die Kanäle, von denen hier die Rede ist, den Verkehr von den grossen Seen auf den natürlichen Abfluss derselben wieder hinzuweisen. In welchem Masse die vereinigten Staaten dieser Absicht entgegengetreten sind, ergiebt sich aus Vorstehendem, und bei den Vorzügen, den eine gehörig geregelte Kanalschiffahrt vor den grossen Strömen hat, kann man kaum zweifeln, dass die Staaten diese Concurrenz siegreich bestehen werden, und der Verkehr durch Canada sich nur auf die Dampfschiffahrt, also vorzugsweise auf den Personenverkehr beschränken wird.

Unter diesen Kanälen muss zunächst der 1839 beendete Welland-Kanal genannt werden, der auf der Nordseite des Niagara den berühmten Wasserfall umgeht. Er ist nahe 8 deutsche Meilen lang, und die darin befindlichen 34 Schleusen, die grösstentheils 44 Fuss weit sind, heben ein Gefälle von 324 Fuss auf. Am St. Lorenz-Strom sind manche besonders hinderliche Stromschnellen oder Wasserfälle durch Seitenkanäle umgangen, an denen besonders der nahe 2 Meilen lange Chine-Kanal bei Montreal wichtig ist. — Endlich wäre hier noch der Rideau-Kanal zu erwähnen, der den Ontario-See bei Kingston mit dem Ottawa-Fluss bei Bytown verbindet. Er ist 28 deutsche Meilen lang, hat 53 Schleusen von 32 Fuss Weite und sein Gefälle beträgt 344 Fuss \*).

---

\*) Es muss noch ausdrücklich erwähnt werden, dass die Längen der sämtlichen vorstehend benannten Kanäle sowohl in Europa, als Amerika in deutschen Meilen angegeben sind.



## §. 116.

**Kanäle in Deutschland.**

Nachdem die grossartigen Kanalverbindungen in andern Ländern beschrieben sind, bleibt noch übrig, von Deutschland zu sprechen. Allerdings bestehen auch hier Anlagen dieser Art, deren Nützlichkeit nicht in Abrede gestellt werden kann, die aber dennoch nicht entfernt einen Vergleich mit den Kanälen in England, Amerika, oder in Frankreich gestatten. Wie wenig man in Deutschland auf die Förderung der Binnen-Schiffahrt geachtet hat, ergiebt sich schon aus der oben (§. 95) erwähnten Thatsache, dass es uns sogar möglich war, einen natürlichen Schiffahrtsweg, der solcher auch wirklich benutzt worden ist, durch eine künstliche Anlage zu sperren, und dadurch zwei wichtige Schiffahrtswegen vollständig von einander zu trennen.

Die Beschaffenheit des Bodens entschuldigt keineswegs die geringe Ausdehnung der künstlichen Wasserstrassen in Deutschland, im Gegentheil ist besonders der nördliche Theil zu Kanälen besonders geeignet. Auch die geographische Lage Deutschlands in der Mitte Europas, mit den vielen grossen, von Natur gebildeten Strömen, mit seinen Küsten an der Nordsee und Ostsee, mit den reichen und verschiedenartigen Producten des Pflanzenreichs, sowie mit seinen mineralischen Schätzen, forderte zur Entwicklung des Handels und der Industrie in gleichem Maasse, irgend ein andres Land, einen geregelten und leichten Binnenschiffahrt. Nichts desto weniger ist bei uns nur eine geringe Anzahl, und zwar meist sehr kurzer Kanäle zur Ausführung gekommen. Dieselben stellen grossentheils Verbindungen zwischen gebirgigen Strömen dar, und dennoch ist weder der Rhein mit der Ems, noch die Ems mit der Weser, noch auch die Weser mit der Elbe verbunden.

Den Regierungen gereicht es gewiss nicht zum Vorwurfe, dass den Handel so wenig durch Eröffnung künstlicher Wasserstrassen unterstützt; der Handelsstand selbst hätte bei uns eben so wie anderweitig geschehn, die nöthigen Mittel dazu schaffen, für die zweckmässige Anordnung der Wege, deren er bedarf, sorgen müssen. Während der Zeit des langen und kostbaren Krieges, in welchem England die Amerikanischen Colonien

verlor, entstand fast das ganze, oben angedeutete Kanal-England, und zwar durch Privat-Unternehmungen, aber nicht etwa die Frucht früherer Reichthümer, vielmehr sich der Handel Englands erst in Folge des erleichterten Verkehrs. Die Regierung betheiligte sich dabei fast, sie trat nur der Entwicklung dieses Binnenverkehrs als Industrie nicht hindernd entgegen.

Es liegt ganz ausser dem Zwecke dieses Buches, suchen, weshalb in Deutschland so wenig Kanäle zur Welt gekommen sind, aber es muss bemerkt werden, dass die Zersplitterung in so viele Staaten die Erscheinung keineswegs, denn in Nord-Amerika findet dieses auch statt, und dass die grossartigsten innern Verbindungen daselbst entstanden, darf man unserm Handelsstande nicht Mangel an Unternehmungsgeist zum Vorwurfe machen, denn die Schnelligkeit, womit das Land vor Kurzem mit einem ausgedehnten Eisenbahnnetz, zwar grossentheils auch durch Privat-Unternehmungen, und wodurch wenigstens die Flusszölle umgangen wurden, jeden Vergleich mit England und Amerika aus. Die Vorführungen waren aber um so schwieriger, als dabei Ansehen genügt werden musste, die in England und Amerika unbekannt sind. Wenn in diesen Ländern Strassen oder Eisenbahnen oder Kanäle erbaut werden sollen, so geneigen die Regierungen diejenigen Richtungen, welche dem Verkehr entsprechen und das Privat-Interesse am wenigsten verletzen. Ob aber ein siegreich eindringender Feind vielleicht die Strasse, der Eisenbahn oder dem Kanale einst Vorthail bereiten ist, ist dort niemals Gegenstand der Untersuchung gewesen.

Unter den wichtigsten Schifffahrtskanälen Deutschlands ist zunächst einer sehr frühen und ziemlich bedeutenden Art gedacht werden, die aber, wie es scheint, nie vollendet oder doch sehr bald in Verfall gerieth. Elisabeth, die Königin der Niederlande, wollte den empörten Provinzen den Rhein entziehen und liess daher im Jahre 1626 die Ausgrabung eines Kanales beginnen, der den Rhein mit der Maas verbinden sollte. Dieser Kanal, unter dem Namen der *Fossa Eugenia* bekannt, ist grossentheils noch deutlich zu erkennen. Er beginnt am Städtchen Rheinberg an, das damals unmittelbar am

sich bei Geldern und ohnfern Walbeck vorbei, und endet Arssen an der Maas, etwa  $1\frac{1}{2}$  Meilen unterhalb Venlo. Seine Länge beträgt  $4\frac{1}{2}$  Meilen.

Ein andrer späterer Kanal, der gleichfalls die Maas mit Rhein verbinden sollte, und der besonders durch die sehr kurze Beschreibung der dafür projectirten Bauwerke\*) den Meistern bekannt geworden, ist zwar begonnen, aber nicht beendet. Nur eine kurze Strecke desselben wird zum Kohlentransport noch benutzt, obwohl sie mit keinem schiffbaren Strome in Verbindung steht. Dieser Kanal, im Anfange dieses Jahrhunderts von Napoleon begonnen, wird gewöhnlich der Nord-Kanal genannt. Er mündet in die Maas bei Venlo und in den Rhein bei Grimlinghausen ohnfern Neuss. Bei der Umgestaltung der flussigen Verhältnisse verlor er seine Bedeutung, und obwohl in einigen Jahren seine vollständige Herstellung beantragt, auch vorläufige Untersuchung in dieser Beziehung veranlasst wurde, konnte doch darauf nicht eingegangen werden, und es ist sogar wahrscheinlich, dass die Schifffahrt auf der kurzen Strecke, wo sie stattfindet, in Kurzem aufhören wird. Es dürfte nicht ohne historisches Interesse sein, hier mitzuthellen, wie weit die Ausgrabungen gediehen waren, als sie unterbrochen wurden.

Der Kanal ist im Ganzen etwa 7 Meilen lang, wovon nahe 5 Meilen im Preussischen liegen. Die Scheitelstrecke, die sich zwischen Neuss bis Louisenburg neben Horingen hinzieht, hat eine Länge von  $5\frac{1}{2}$  Meilen. Von derselben fällt der Kanal in zwei Abschnitten nach dem Rhein, und in sieben nach der Maas. Nur der letztern treffen in das Holländische Gebiet. Die Schleusenöffnungen betragen 11 bis 12 Fusa.

Die Erdarbeiten waren beinahe auf der ganzen Ausdehnung des Kanals begonnen, und wie es scheint grossentheils im Rohen belassen worden. Man sieht fast überall nicht nur den eigentlichen Kanal, sondern auch die beiderseitigen Leinpfade und die Ausgräben. Nur zwischen Louisenburg und den Krickeburger Mühlen fehlt in einer kurzen Strecke die Ausgrabung noch ganz. Der Kanal ist indessen durchweg verfallen und verwachsen, so dass

\*) Hageau, Description du Canal de Jonction de la Meuse au Rhin. Paris 1819.

bedeutende Kosten zu seiner Wiederherstellung erforderlich würden. Ob er die volle Tiefe jemals erhalten hat, lässt sich bei seinem jetzigen unregelmässigen Zustande und bei dem Mangel bestimmter Höhenpunkte nicht sicher beurtheilen, und dieses so wenig, als Hageau nicht die Terrainhöhen durch ein Profil speciell nachgewiesen hat.

In denjenigen Strecken, wo die Umgebungen niedrig und sumpfig sind, ist der Kanal mit Wasser angefüllt. Die Erstreckung bei Neuss zwischen zwei Dämmen hindurchgeführt, und abwärts dieser Stelle beginnt der jetzt schiffbare Theil des Kanals, der sich bis zu der gleichfalls hindurchgeführten Gladbach-Krefeld-Strasse ohnfern Neersen erstreckt. Die Länge dieses Kanals beträgt etwas über 2 Meilen, und der Wasserstand, zu dem die Haltung der Kanalpächter verpflichtet ist, beträgt 2 Fuss 7 Zoll weniger, als er nach dem ursprünglichen Projecte sein sollte. Er hat dabei indessen noch eine Wassertiefe von 3 Fuss, was für die Art des eingerichteten Schiffahrtbetriebes auch vollständig genügt. Die Speisung erfolgt aus den Sümpfen östlich von Niers, und wenn die Zuflüsse zu stark werden, so wird der Kanal durch eine zu diesem Zweck erbaute hölzerne Arche bei Neuss abgelassen.

Die Niers fliesst, wie die Erstreckung, zwischen zwei Dämmen ohnfern der Krefeld-Gladbacher Strasse durch den Kanal hindurch, die Nette dagegen fliesst bei Herschel in einem Durchlasse unter dem Kanale fort. Kleinere Durchlässe sind ausserdem noch vorhanden, doch liegen sie grossentheils so versteckt in Sümpfen, dass man sie kaum bemerken kann.

Vom Durchgange der Nette ab bis gegen Herongen, wo die natürliche Wasserscheide zwischen Rhein und Maas sich befindet, liegt der Kanal trocken, und seine Sohle ist etwa 3 Fuss unter dem Wasserspiegel der Krickeberger Teiche erhoben. Bei sandigen Beschaffenheit des Grundes würden daher hier sehr bedeutende Filtrationen eintreten, falls man den Kanal bis zur beabsichtigten Höhe anfüllen wollte. Im Holländischen Gebiete, das anschliessende Terrain sumpfig, und der Kanal ist mit Wasser angefüllt, wird jedoch nicht zur Schiffahrt benutzt.

Von den 9 Schlessen, die der Kanal erhalten sollte, ist nur eine einzige, nämlich bei Louisenburg, im Boden und dem unteren



der Mauern ausgeführt, doch fehlen auch hier noch 20 Fuss vollen Höhe der Mauern. Die nächste Schleuse bei Nieder-  
 (1) auch begonnen sein. Die übrigen Schleusenbauten sind  
 nicht angefangen, nur hat man hin und wieder zugleich mit  
 Grabung des Kanales auch die Baugruben für die Schleusen  
 oben.

Unter den Brücken war diejenige am Zollthore bei Neuss  
 vollendet, die Vorrichtung zum Oeffnen der Klappe hat in-  
 (1) pflüger eine anderweite Benutzung gefunden. Die Pfeiler  
 Brücken bei Viersen und Süchteln sind ausgeführt.

Für Speisung des Kanales durch die Erft sollten einige  
 benutzt werden, die viel älter als der Kanal sind. Dieses  
 ist das Wehr in der Erft bei Selicum, und sodann der  
 der oberhalb des Wehrs das Wasser auffängt und es nach  
 führt. Die Arche neben dem Wehre, sowie das Zuleitungs-  
 leitungswerk in den Kanaldämmen sind zur Zeit des Kanal-  
 ausgeführt, und befinden sich, abgesehen von einigen ge-  
 Sackungen, noch in gutem Zustande.

Einige Wärrhäuser sind erbaut, sowie auch das Bassin  
 dem Rheine mit seiner Umdeichung.

Wenn man den Kanal einst in seiner ganzen Ausdehnung  
 an wollte, so würde man ohne Zweifel wesentliche Aen-  
 derungen in dem ursprünglichen Projecte vornehmen müssen, da  
 die Culturverhältnisse der umliegenden Gegenden nicht  
 berücksichtigt sind. Eben so wie in dem gleichzeitig aus-  
 geführten Kanale von St. Quentin hat man auch hier den Wasser-  
 stand in der Scheitelstrecke zu hoch angenommen, wodurch theils  
 Ueberschüssen zur Seite des Kanales, und theils eine sehr starke  
 Consumption in demselben veranlasst worden wären. Es  
 wäre aber ausserdem auch angemessen sein, die Scheitelstrecke  
 auf westlichen Seite bedeutend abzukürzen und von der ersten  
 ab dem Kanale eine andre Richtung zu geben, um ihn  
 auf tieferes Terrain zu verlegen.

Ein andrer Kanal, der gleichfalls nie vollendet, aber doch  
 in wenig Jahren benutzt wurde, ist der Max-Clemens-  
 oder der Münstersche Kanal. Der Fürst Clemens  
 zu Münster liess im Jahre 1723 die Voruntersuchungen  
 zur Führung eines Kanales von Paderborn über Münster nach  
 (1) geu, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



der Verthe anstellen. Von der Ausdehnung bis Paderborn wurde bald Abstand genommen, doch wurde schon im folgenden Jahre die Ausgrabung der Strecke unterhalb Münster begonnen, wo man den Kanal von hier bis Wettringen an der Steinfurter oder dem Düsterbache, also auf 5 Meilen Länge ziehen liess. Er wurde in den nächsten Jahren auch nahe auf 4 Meilen ausgeführt, mit einer grossen, massiven Schleuse versehen, und nachdem über mehrere Bäche geleitet, deren einer, nämlich der Loo Bach, einen Durchlass von nahe 15 Fuss Weite erforderte. Die Durchlässe waren nur aus Holz erbaut. Im Jahre 1767 wurde der Kanal unter dem Fürst Max August noch um 4 Meilen verlängert, ohne dass er jedoch seinen Endpunkt erreicht hätte, in diesem Zustande ist er stets verblieben. Die grosse Schleuse erforderte selbst bei mässiger Schiffahrt mehr Wasser, als die Münstersche Aa, die den Kanal speiste, liefern konnte. Ihr Ueberhaupt wurde daher durch einen Fangedamm geschlossen, und Waaren wurden mittelst eines Krahnens übergeladen. Darnach wurde noch eine zweite Schleuse weiter abwärts in Holz erbaut, deren lichte Weite 11 Fuss betrug. Der Kanal, von einem holländischen Ingenieur ausgeführt, zeigt die Eigenthümlichkeit, dass ganz unabhängig von der Höhenlage des Bodens in diesem aber ein gleiches Profil eingeschnitten ist. Man hat freilich überall die erforderliche Tiefe dargestellt, aber der Kanal ist immer um so schmaler, je höher die Ufer sich erheben, so stellenweise war er so enge gehalten, dass nur so eben ein Schiff hindurchgehn konnte. Sein nördliches Ende, welches man Meppen nannte, traf auf eine Stelle, wo der Boden schon nach der Aa abfiel, und musste daher rings mit hohen Dämmen umgehen werden. Der Kanal mit den zugehörigen Schiffen wurde für eine geringe Summe verpachtet, und er würde wahrscheinlich gar nicht benutzt worden sein, wenn eine Chaussee zwischen Münster und Holland bestanden hätte.

Im Jahre 1844 brach endlich einer der erwähnten hölzernen Durchlässe ein, und die ganze obere Kanalstrecke entleerte sich. Dieses hatte die Folge, dass die Dossirungen des Kanals in grosser Ausdehnung einstürzten, und die erforderlichen Reparaturen stellten sich so bedeutend heraus, dass der zehnjährige Betrieb des Kanals zu der Wiederherstellung kaum genügte. Ausserdem

zu noch andre Reparaturen in naher Aussicht, während Benutzung des Kanales bei den neuern Strassen-Verbindungen Wichtigkeit immer mehr verlor. Dieses waren die Gründe, warum den Kanal ganz eingehn liess, nachdem man sich noch davon überzeugt hatte, dass er nicht hinreichend gespeist werden konnte, um bis zur Ems oder zu einem andern schiffbaren Wasser geführt zu werden.

Die Ems, welche bis Greven beschifft wird, muss erwähnt werden, weil in neuerer Zeit zwei bedeutende Schiffahrtskanäle vom Thale erbaut sind. Abgesehen von den vielen Untiefen, die früher in der ganzen Ausdehnung des Flusses bei kleinem Wasser die Schiffahrt vollständig unterbrachen, war auch die Enge in Rheine zur Seite des daselbst befindlichen Wehres in der hohen Lage des Unterdrempels sehr hinderlich. Ursprünglich mag dieser Drempel günstiger gelegen haben, da jedoch starke Gefälle auf der aus Jurakalk bestehenden Sohle des Bettes hinter der Schleuse theils wegen der heftigen Strömungen, und theils wegen des geringen Wasserstandes die Schiffahrt wertlos machte, so hatte man eine tiefere Fahrrinne darin ausgebrochen, wodurch eine solche Senkung des Wasserstandes unmittelbar vor der Schleuse veranlasst, dass nunmehr der Uebergang über den Unterdrempel nur bei höherem Wasser noch möglich war.

In solchem sehr mangelhaften Zustande befand sich die Ems, der grösste Theil derselben im Pariser Frieden an Hannover überging, und Seitens dieses Staates die Verpflichtung übernommen wurde, die Ems von der Preussischen Grenze bis zur Mündung schiffbar zu machen, und zwar in dem Grade, dass selbst beim niedrigen Wasser überall die Tiefe von 3 Fuss stattfinden sollte. Preussischer Seits wurde dagegen die Aussicht eröffnet, die Schiffahrt weiter aufwärts fortzusetzen, und mittelst eines schiffbaren Kanales eine Verbindung mit dem Rheine direct, oder durch Lippe darzustellen. In beiden Beziehungen blieb der Erfolg hinter den Erwartungen. Die erwähnte Kanal-Verbindung wurde zwar näher untersucht, sie stellte sich auch sowohl für die Lippe, als für die andre Richtung keineswegs als besonders schwierig heraus, aber bei dem zu erwartenden mässigen Verkehr mit Rücksicht auf die eigenthümlichen Verhältnisse der untern Ems und deren Verbindung mit dem offenen Meere erschienen

die Anlagekosten zu bedeutend. Die Ausführung ist daher jetzt unterblieben.

Eben so wurde auch durch die bedeutenden Bauten in der Hannoverschen Stromstrecke die versprochene Tiefe nicht hergestellt, doch ist seit jener Zeit die Schiffbarkeit sowohl unterhalb als oberhalb der Preussisch-Hannoverschen Grenze, und bis Greven aufwärts, wesentlich verbessert, und hierzu haben wesentlich mehrere Schleusen-Anlagen und zwei längere Schiffahrtskanäle beigetragen, die zur Seite des Stromes ausgeführt sind.

Die Fluth erstreckt sich bis Hulte, etwa zwei Meilen oberhalb Papenburg, und soweit findet sich hinreichende Wassertiefe vor. Von hier bis zur Mündung der Haase bei Meppen hat man durch Einschränkung mittelst Buhnen die versprochene Tiefe darzustellen versucht, was indessen nicht gelungen ist. Oberhalb der Mündung der Haase wurde die Wassermasse der Ems zu geringe erachtet, als dass jene Tiefe sich noch durch Einschränkung des Bettes darstellen liesse, daher musste man hier zu künstlichen Anspannungen des Wassers durch Wehre oder zur Anlage eines längeren Seitenkanales entschliessen. Beides ist geschehn, und zwar wurde für die nächste Strecke von Meppen bis Hahnen-Fähr oberhalb Lingen ein Seitenkanal gewählt, da die Ufer hier zu flach waren, als dass man den Strom durch Wehre bedeutend stauen konnte. Dieser Kanal ist 3½ Meilen lang, und sein Gefälle beträgt vom Oberwasser des Wehrs bei Hahnen-Fähr bis zur Haase bei Meppen 35 Fuss. Dasselbe ist auf vier Schleusen vertheilt, von denen jedoch die untere bei Meppen das doppelte Gefälle der übrigen erhalten hat, indem eine Kuppelschleuse ist. Diese Schleusen sind 19 Fuss hoch und auf ihren Drempeln beträgt der Wasserstand 5 Fuss. Das macht nur der untere Drempel der Kuppelschleuse eine Ausnahme, indem in Folge der Stromregulirungen, die hier beginnen, der Abfluss des Wassers befördert, und sonach der Stand desselben gesenkt ist. An der obern Mündung des Kanales hatte man ursprünglich ein einfaches Schleusenhaupt erbaut, um das Eintreten des Hochwassers in den Kanal zu verhindern. Dabei zeigte sich indessen der Uebelstand, dass bei jedem Wachsen des Wassers die ziemlich lange oberste Kanalstrecke sich anfüllte, und indem eine grosse Menge Sand dabei hineingeführt wurde, so entstand

da fortwährend starke Verflachungen, die man ausbaggern musste. Man hat daher nachträglich noch ein zweites Haupt erdget, und dadurch eine vollständige fünfte Schiffsschleuse gebildet, die Kammer jedoch wegen des geringen Gefälles nicht durch Wehre, sondern nur durch Erddossirungen eingeschlossen ist.

Oberhalb des Kanales gehen die Schiffe wieder in das Flussbett, worin wegen der höheren Ufer eine Aufstauung des Wassers durch Wehre möglich war. Das erste Wehr liegt bei Hahnken-Wehr, und dieses umgehen die Schiffe in dem erwähnten Kanale. Das zweite bei Mehringen ist mit einer Schiffsschleuse versehen, welche soll den Stau bis zur Preussischen Grenze erstrecken. Ob oberhalb der letztern ist wieder eine Schleuse erbaut, die das nicht bedeutendes natürliche Gefälle aufhebt. Eine Verbesserung desselben war nicht zulässig, weil der Betriebskanal der Saline nahe davor mündet.

Von hier bis Rheine fließt die Ems zwischen hohen Ufern, hatte daselbst schon früher bei mässigem Gefälle eine hinreichende Fahrtiefe, die nur an einzelnen Stellen durch Ausbrechen des Felsenbettes etwas vergrößert werden durfte. Bei Rheine war wegen einer wesentlichen Aenderung der bisherigen Verhältnisse erforderlich, damit die Schiffe auch beim kleinsten Wasser durch die Schleuse gehen konnten. Die eigenthümliche Gestaltung und die Beengung des Flussbettes an dieser Stelle bot Schwierigkeiten, die nur durch die Wahl einer ungewöhnlichen Anordnung überwunden werden konnten. Der Boden, in welchem das Flussbett sich gebildet hat, besteht aus Jurakalk, der unter dem Wasser sehr fest ist, an der Luft aber zerfällt und in kleinen Stücken abbröckelt. Das rechte Ufer, aus demselben Gestein bestehend, erhebt sich etwa 40 Fuss und zwar sehr steil unmittelbar neben dem Flusse, während das linke, auf welchem die Stadt Rheine liegt, zwar flach ansteigt, aber theils wegen der hier befindlichen grossen Mühle, theils auch wegen des Obergrabens der Ems, der von der Mühle gespeist wird und in geringer Entfernung von derselben sich hinzieht, weder eine Verbreiterung des Flussbettes, noch auch eine Kanalanlage an dieser Seite gestattete. In der erwähnten Mühle erstreckte sich das massive, etwa 10 Fuss hohe Wehr schräge über den Fluss, und schloss sich unmittelbar vor dem rechten Ufer an die erwähnte alte Schiffsschleuse



an, hinter welcher wieder eine Mühle lag, die gleichfalls von der Ems getrieben wurde. Die Fluthverhältnisse waren schon früh höchst ungünstig, indem das Hochwasser nicht sowohl durch das Wehr, das hoch überströmt wurde, als vielmehr durch die Beschränkung des Fluth-Profiles an dieser Stelle aufgehalten wurde. In der ganzen Ausdehnung dieser Beschränkung des Profiles, die etwa 250 Ruthen lang war, und mit der Ausdehnung der Fluthbank übereinstimmte, betrug das Gefälle des Hochwassers nur als 3 Fuss, wovon aber nur ein kleiner Theil über dem Wehr lag, indem das Wasser bis 8 Fuss hoch darüber ging. Man hatte bisher die Abführung der Fluthen dadurch etwas zu befördern gesucht, dass man in der Schiffsschleuse die Schutze während bei höherer Anschwellung auch die Thore dieser Schleuse überströmt wurden. Offenbar konnte hierdurch kein grosser Nutzen erreicht werden, aber indem die oberhalb liegenden niedrigen Theile der Stadt Rheine, sowie auch die Aecker und Gärten und die Wiesen weiter aufwärts durch das Hochwasser schon so sehr überspült wurden, so musste wenigstens dafür gesorgt werden, dass durch die neuen Anlagen das Uebel nicht noch vergrössert würde.

Bei kleinem Wasser beträgt das Gefälle der Ems vom Oberwasser des Wehrs bis unterhalb der erwähnten Mergelbank nur 1 Fuss. Dasselbe hätte daher allerdings durch eine einzige Schleuse mit recht starken Thoren aufgehoben werden können, aber jedenfalls wäre man alsdann gezwungen gewesen, die Schleuse neben dem Wehre zu erbauen, und den Unterkanal durch ausgedehnte Sprengungsarbeiten dicht neben dem Flussbette, oder vielmehr wie auch vorgeschlagen wurde, in demselben darzustellen. In beiden Fällen entstand die neue Frage, wie man diesen Kanal vor Versandungen schützen sollte, indem die Ems zur Zeit der Fluthen sehr grosse Sandmassen mit sich führt.

Unter diesen schwierigen Verhältnissen war es sehr natürlich, dass die verschiedensten Ansichten über die zweckmässigste Lösung der Aufgabe ausgesprochen wurden, indem man bald auf einen, bald auf den andern Umstand ein grösseres Gewicht legte. Dadurch verzögerte sich die Ausführung um mehrere Jahre, endlich erhielt ich den Auftrag, das Project zu entwerfen, welches auch vollständig zur Ausführung gekommen ist. Die Mühlen am rechten Ufer wurde beseitigt und dazwischen eine Schiffschleuse



Die alte Schleuse dagegen wurde in eine Freiarche ver-  
 wandelt. Eine zweite Schleuse ist gleichfalls am rechten Ufer  
 am untern Ende der Mergelbank erbaut. Letztere konnte, da das  
 Ufer hier schon niedriger war, aus dem alten Flussbette ganz  
 ausgebracht werden, so dass die Schleusen-Anlagen selbst keine  
 Bedrückung des frühern Fluthprofils veranlassten, während die  
 Freiarche schon zur schnelleren Abführung des Hochwassers  
 viel beitrug. Der Kanal, der beide Schleusen verbindet,  
 hat in seiner Sohle so hoch, wie der Unterdrempel der obern,  
 wie der Oberdrempel der untern Schleuse. Auf der rechten Seite  
 führt er durch das hohe Felsufer, in welchem ein Leinpfad einge-  
 hauen wurde, begrenzt; auf der linken Seite konnte ihm da-  
 gegen kein wasserfreier Abschluss gegen das Flussbette gegeben  
 werden, weil dadurch das Profil des letztern zu sehr beschränkt  
 worden wäre. Ich entschloss mich daher, die linkseitige Kanal-  
 wand nur bis über den höchsten schiffbaren Wasserstand herauf-  
 zu führen, und derselben in der Krone ein Gefälle zu geben, wel-  
 ches dem des Stromes zur Zeit der hohen Fluthen entspricht. Sie  
 beginnt anfangs aus einer Mauer und weiter abwärts aus einem  
 aufgestauten Erddamme. Beide Schleusen liegen mit ihren Ober-  
 drempeln über dem höchsten Wasserstande, so dass eine Durch-  
 führung des Kanales in der ganzen Länge nicht erfolgen kann,  
 sondern nur im mittleren Theile, soweit die Krone des Kanal-  
 dammes gesenkt ist. Diese Strecke ist 100 Ruthen lang.

Der Bau ist nunmehr seit sechs Jahren beendigt, und die  
 letzte Anordnung hat sich als zweckmässig herausgestellt. Im  
 vergangenen Jahre wurde freilich der noch nicht vollständig abgeplasterte  
 Erddamm etwas beschädigt, was jedoch bei den spätern Ueber-  
 fluthungen nicht geschehen ist. Die Versandungen im Kanale  
 beim Eintreten des Hochwassers in denselben auch so un-  
 bedeutend, dass sie, wenn es nöthig ist, mit geringem Kosten-  
 aufwande in sehr kurzer Zeit jedesmal wieder beseitigt werden  
 können, und allgemein wird anerkannt, dass für die Abführung  
 der Fluthen jetzt besser gesorgt ist, als in früherer Zeit.

Der Stau des Wehrs bei Rheine erstreckt sich etwa eine  
 Meile aufwärts, und von hier ab bis Greven ist der Strom durch  
 ähnliche Regulirungsbauten in einen fahrbaren Zustand ge-  
 bracht, der freilich noch Vieles zu wünschen übrig lässt, aber

dem hier stattfindenden geringen Verkehr dennoch nicht wenige Schwierigkeiten entgegensetzt, und kaum der Schiffahrt der untern Ems zwischen Meppen und Halte nachsteht.

Eine Schiffahrts-Verbindung der Elbe mit der Trave, die auch heutiges Tages noch benutzt wird, wurde erst im vierzehnten Jahrhundert dargestellt. Dieses ist die sogenannte Stecknitz-Fahrt. Im Anfange des bezeichneten Jahrhunderts erbaute man in der Stecknitz drei Stauschleusen (§. 96), wodurch die Schiffahrt von Lübeck bis zum Müllner See ausgedehnt wurde, und 1391 bis 1398 verband man die Stecknitz oberhalb des Sees durch einen Kanal von  $1\frac{1}{2}$  Meilen Länge mit der Elbe, die bei Lauenburg in die Elbe mündet. Indem der Müllner See 45 Fuss über der Elbe liegt, und 57 Fuss über der Trave, wurden zur Mässigung des Gefälles und zum Zurückhalten des Wassers noch zehn Stauschleusen erbaut, von denen jedoch erst später zur Ausführung kamen. Die Schiffe, welche auf der Fahrt fahren, sind 64 Fuss lang, 12 Fuss breit, und dürfen nicht mehr als 2 $\frac{1}{2}$  Fuss tief gehn.

Einer der wichtigsten Kanäle in Deutschland ist der Schlegel-Holsteinsche Kanal, der die Ostsee mit der Nordsee verbindet und solche Dimensionen hat, dass er von den grösseren Seeschiffen befahren werden kann. Er beginnt im Eider-Fjörd, steigt in 3 Schleusen 25 Fuss Rheinländisch bis zur Wasserscheide hinauf, wird in der etwa zwei Meilen langen Scheitelsecke durch den Flembuder-See gespeist, der mit der grössern Westen-See in unmittelbarer Verbindung steht, und fällt sich auf der westlichen Seite etwa 20 Fuss tief bis zur Eider in der Nähe von Rendsburg. Die Fluth läuft hier schon 2 $\frac{1}{2}$  bis 3 Fuss hoch auf, die Schiffe finden daher bei gehöriger Benutzung des Hochwassers unterhalb Rendsburg eine hinreichende Fahrt. Die Länge des Kanales beträgt  $5\frac{1}{2}$  deutsche Meilen, während die Eider unterhalb Rendsburg noch etwa 12 Meilen lang ist. Die Fahrtiefe im Kanale und in den Schleusen ist zu 9 $\frac{1}{2}$  Fuss Rheinländisch normirt, die Sohle ist 49 Fuss breit, so dass zwei Schiffe sich überall ausweichen können. Die Schleusen sind 25 Fuss breit, und vom Abfallboden bis zu den Unterthoren 107 Fuss lang. Wenn die Schiffe passend geformt sind, so können sie mit einer Ladung von 90 bis 100 Last die Schleusen passiren. Was-

sol soll hier nie eintreten, auch sollen bei der Spoiesung das reine Wasser aus den Seen die Versandungen sehr leicht sein, mit Ausnahme der beiden äussern Strecken in der Nähe der Mündungen. Dagegen liefern die Seen zur Zeit des Abflusses des Eises so grosse Wassermengen, dass zur Abführung derselben die Umläufe nicht ausreichen und daher neben den drei bestehenden Schleusen noch Freinröhrchen von 15 Fuss Weite angelegt wurden.

Auf dem westlichen Abhange verfolgt der Kanal zum Theil den Lauf der Eyder, doch sind hier zwei bedeutende Durchstiche gemacht, die 30 bis 35 Fuss im Terrain eingeschnitten sind. Der Kanal wurde 1777 begonnen, 1782 war er in den Haupttheil fertig und 1785 wurde er bereits befahren. Für die Erweiterung der Seeschifffahrt ist er von geringer Bedeutung; seine Dimensionen genügen nicht entfernt, um den gewöhnlichen Schiffen der Ostsee-Häfen den Durchgang zu gestatten, und selbst kleineren Schiffe finden sowohl im Kanale selbst, als besonders in der Eyder, die in der ganzen Länge ihres Laufes sehr starke Krümmungen hat, so grossen Aufenthalt, dass es gemeinhin vorgezogen wird, sie durch den Sund zu führen. Der Kanal ist jedoch mit bequemen Leinpfaden und zwar für Pferde versehen, und es ist es auch gestattet darin zu segeln, was natürlich aber bei sehr günstigem Winde geschehn kann, und beim Durchgange durch die Schleusen noch längeren Aufenthalt verursacht. In der Eyder unterstützt der Strom der Fluth oder der Ebbe die Fahrt der Schiffe, sie dürfen demselben aber nicht allein überlassen werden, weil sie alsdann die Steuerung verlieren würden, wonach bedürfen sie hier unbedingt eines günstigen Windes, aber wegen der Krümmungen immer nur für einzelne Strecken nützlich ist. Es erklärt sich hieraus, dass selbst unter günstigen Verhältnissen die Fahrt durch den Kanal nur in einigen Tagen zurückgelegt werden kann. Der Kanal dient sonach mehr für den lokalen Verkehr, als für den grossen Handel. Nur die kleinen, schwach bemannten Holländischen und Ost-Friesischen Schiffe wählen besonders im Herbste diesen Weg zu wählen.

Indem ich nunmehr zu dem mittleren Deutschlande übergehe, so erwähne ich zunächst der Anlagen an einigen Nebenflüssen des Rheins, die, wenn sie auch nicht in ausgedehnten

Kanälen bestehn, doch insofern hieher gehören, als jede Seebahn mit einem längern oder kürzern Kanale versehen ist.

Die Lippe ist in den Jahren 1818 bis 1830 durch Erbauung von 12 Schleusen und in den Zwischenstrecken durch ausgedehnte Regulierungsarbeiten schiffbar gemacht. Man hat die letztern von Lagen bis zum Städtchen Neuhaus, eine Stunde von Paderborn ausgedehnt, woselbst die Alme sich in die Lippe ergießt. Da ist der Verkehr hier so geringe, dass man wahrscheinlich die obere Strecke ganz aufgeben und nur für die Erhaltung der Schiffbarkeit bis Lippstadt sorgen wird, woselbst die erste Schleuse sich befindet. Die obern 9 Schleusen sind nur 14 Fuss hoch, während die drei untern bei Horst, Dahle und Vogelsang die gleiche Weite von 20 Fuss haben. Auch diese verschiedene Wehre hat sich nicht als zweckmässig erwiesen, und es ist vorgeschlagen worden, sobald die Gelegenheit sich bietet, die sämtlichen Schleusen in den grössern Dimensionen umzubauen. Zur Einrichtung einer bequemen Schiffahrt auf der Lippe würde aber noch gebieten, dass die Stromschnellen bei der Ruschenburg und auf den Papsteinen ohnfern Haltern durch Schleusen aufgehoben werden, deren Durchfahrung gegen den Strom bei kleinem Wasser, besonders bei der Ruschenburg, überaus mühsam ist, und selbst bei dem stärksten Vorspann nur mit grossem Zeitaufwande und selbst bei grosser Gefahr erfolgen kann.

In commercieller Beziehung ist die Ruhr viel wichtiger, als die Lippe. Die Schiffahrt auf derselben beschränkt sich bisher ausschliesslich auf den Kohlentransport, indem sie den natürlichen Abfuhrweg des Ertrages der reichen Zechen von Witten bis gegen Mühlheim nach dem Rheine bildet. Die Schiffahrt beginnt unmittelbar der Fähre bei Witten. Das Gefälle des Stromes von Witten bis zur Mündung in den Rhein auf nahe 10 Meilen Länge beträgt bei mittlerem Stande des Rheins 173 Fuss, oder das relative Gefälle ist 1:1845. Durch blosse Stromregulirung würde es nach nur eine sehr beschwerliche Schiffahrt einzurichten genügen sein, wenn man in der Wahl der Mittel auch freie Hand gehabt hätte. Letzteres war aber nicht der Fall, denn es bestanden seit alter Zeit eine Menge Wehre, hier Schlachten genannt, welche das Gefälle auf einzelne Stellen concentrirten und es zum Betrieb verschiedener Werke nutzbar machten. Bei Einrichtung der Schiff-



Im Jahr 1775 wurde daher neben jedem Wehre eine Schleuse errichtet. Gegenwärtig liegen an der Ruhr 14 Schleusen, die zusammen 76 Fuss Gefälle haben. Eine in neuerer Zeit erbaute Schleuse ist Taf. LVIII dargestellt, sie stimmt in den Dimensionen mit den andern überein. Ihre lichte Weite beträgt 18 Fuss. Die meisten älteren Schleusen sind in den Kammern aber 19 Fuss breit. Das Gefälle des Stromes in den Zwischenstrecken ist ohnweit der Wehranlagen zum Theil noch sehr bedeutend, und die Schiffahrt war daselbst so sehr gehindert, dass sie oft mehrere Tage hindurch wegen Mangel an Fahrtiefe ganz unterbrochen werden muss. Dieser Umstand gab Veranlassung, dass im Jahre 1800 das Project aufgestellt wurde, streckenweise längere Seitenkanäle neben der Ruhr anzulegen\*). Dieser Vorschlag ist nicht zur Ausführung gebracht, dagegen sind in den letzten Jahren ausserordentliche Stromregulirungen vorgenommen, die ich bereits seit dem Jahre 1835 als sehr vortheilhaft empfohlen hatte, und hierdurch haben die Verhältnisse sich so wesentlich verbessert, dass die Unterbrechung der Schiffahrt sehr ermässigt ist, und in der ganzen Strecke zwischen Mühlheim und Ruhrort ganz aufgehört ist, wiewohl gerade hier in früherer Zeit die grössten Hindernisse lagen. An der Mündung der Ruhr, bei Ruhrort, wurde im Jahre 1820 der Bau eines ausgedehnten Sicherheitshafens begonnen, worin 300 Schiffe liegen konnten, und der mit entsprechenden Ladeplätzen oder Kohlenmagazinen umgeben ist. Der Ort genügte indessen nicht für den lebhaften Verkehr, und es wurde daher 1837 ein zweiter, fast eben so grosser Hafen daneben errichtet, den ein Schiffahrtskanal mit einer Schleuse unmittelbar mit der Ruhr in Verbindung setzt. Hierdurch ist der Vortheil erreicht, dass die beladenen Kohlenschiffe nicht bis gegen die Mündung der Ruhr um den Hafenkopf herumfahren dürfen, woselbst das Flussbette sehr enge und seicht ist. Auf diesem Hafenkopfe ist ein einfaches Denkmal dem Manne gesetzt, der sich um die Schiffbarmachung der Ruhr, wie der Lippe und der Ems, grosse Verdienste erworben hat, dem Ober-Präsident Vincke.

---

\*) Der Ruhrstrom und seine Schiffahrtsverhältnisse, von L. Henz. Bonn 1840.



Auf dem linken Ufer der Ruhr, bei Duisburg, befindet sich noch ein andrer ausgedehnter Hafen, der gleichfalls mit Leinwandmagazinen umgeben ist. Derselbe ist an beiden Enden mit Schiffen und zugehörigen Kanälen versehen, die ihn sowohl mit dem Rheine als mit dem Rhein in Verbindung setzen.

Die Lahn, welche in ihrem ganzen Charakter mit der Ruhr einige Aehnlichkeit hat, sich von derselben jedoch durch etwas geringere Wassermenge, stärkeres Gefälle und bei weitem in dem untern Theile durch die engere und schroffere Thalschlucht unterscheidet, war schon früher bis Weilburg schiffbar. Denen Schiffen mussten indessen die Wehre in Schiffsdurchlässen passiren, während nur eine Schiffsschleuse bei Runkel bestand. Im Jahre 1839 noch eine zweite bei Limburg gekommen war, 1842 wird nach dem zwischen Preussen, Hessen-Darmstadt und Nassau abgeschlossenen Staatsvertrage die Lahn bis Weilburg schiffbar gemacht, und es sind seitdem eine Menge Schleusen erbaut worden, so dass die Schiffe gegenwärtig schon bis Limburg hinaufgehn. Bei Bestimmung der Dimensionen der Schleusen konnte mit Rücksicht auf die angeführten Umstände diejenige der Ruhr-Schleusen für die Lahn nicht angenommen werden. Namentlich musste besorgt werden, dass die stellenweise vorkommenden scharfen Krümmungen des Flusses, sowie auch die beschränkte Breite der oft an steilen Felswänden anzulegenden Leinpfade selbst bei höherem Wasser das Heraufgehn der Ruhrschiffe ganz unmöglich machen würde. Es musste daher die lichte Weite der Schleusen auf 17 Fuss. und ihre Länge auf 105 Fuss beschränkt werden. Unter den hieher gehörigen Schleusen ist besonders der unterirdische Kanal bei Weilburg zu nennen, der die Serpentine abschneidet, welche sich um die Stadt Limburg und der die Schiffe durch den hohen Bergrücken hindurch auf dem die Strasse von Weilburg nach Wetzlar liegt. Am Ende des Ausganges dieses Kanals ist eine Kuppelschleuse erbaut.

Im Jahre 1778 wurde ein kleiner Schiffahrtskanal von Limburg über die Stadt Frankenthal in der Pfalz mit dem Rheine verbunden. Er ist nur etwas über eine halbe Meile lang, besteht aus sieben Schiffsschleusen von solchen Dimensionen, dass die Schiffe des Oberrheins ihn befahren können.

Von besonderer Wichtigkeit ist der in neuerer Zeit ausgebaute Main-Donau-Kanal oder Ludwigs-Kanal, der die Regnitz, einen Nebenfluss des Mains, mit der Altmühl, also den Main mit der Donau verbindet. Schon Karl der Grosse soll im achten Jahrhunderte eine ähnliche Verbindung durch die Fossa Mainica, die man neben dem Dorfe Graben in der Gegend von Bamberg noch heute sieht, dargestellt haben. Die Quellen der Altmühl und der Fränkischen Rezat, eines Nebenflusses der Regnitz, liegen nahe nebeneinander, und beide fliessen Anfangs ziemlich parallel in südöstlicher Richtung. An einer Stelle, wo sie sich bis auf eine Viertel-Meile nähern, ist damals der zwischenliegende Erdrücken durchstoßen, und dieser, jetzt ganz verfallene und verwachsene Graben, soll die schiffbare Verbindung beider grössten Ströme Deutschlands gebildet haben. Man bezweifelt, ob auch nur kleine Fischerkähne in den beiden Gräben mit Leichtigkeit herauf- und herabgeführt werden konnten. Pechmann das Project des jetzigen Kanales entwarf, wählte eine andre Linie, die freilich die Länge des Kanales von 4 1/2 Meilen, also auf das Siebenzigfache vergrösserte, aber eine geringere Erhebung der Scheitelstrecke und zugleich eine bedeutende Abkürzung der ganzen Schiffahrtslinie bedingte.

In Bamberg befindet sich die erste Schleuse zur Seite des Mains in der Regnitz. Oberhalb derselben wird eine Drittel-Meile noch der eine Arm der Regnitz zur Schiffahrt benutzt, alsdann beginnt der Kanal, der sich bis vor Nürnberg im Thale der Regnitz hinzieht. Diese Abtheilung, deren Länge 7 Meilen beträgt, steigt in 24 Schleusen 236 Fuss hoch. Besonders schwierig war die Durchführung des Kanales durch das enge, von hohen Felswänden eingeschlossene Thal bei Erlangen. Nachdem der Kanal zwischen Nürnberg und Fürth die Pegnitz überschritten, steigt er zwischen derselben und der Rednitz (die nach ihrer Vereinigung bei Fürth die Regnitz bilden) bei Wendelstein und fließt vorbei bis in die Gegend von Altdorf, wo die Scheitelstrecke beginnt. Dieser Theil ist ungefähr 4 Meilen lang. Es sind darin 43 Schleusen, die eine Niveau-Differenz von 383 Fuss aufheben. Ausserdem kommen hier mehrere bedeutende Seitenkanäle vor, unter welchen besonders der über die Schwarzach zu erwähnen ist. Die Scheitelstrecke, 3 1/2 Meilen lang, liegt

in einem sehr coupirten Terrain, wo fast ununterbrochen Einschnitte und hohe Dämme, die den Kanal tragen, mit einander wechseln. Unter diesen Dämmen ist besonders der durch das Thal bei Burgthann über den Distelbach geschüttete sehr wichtig, indem er bei der Höhe von 100 Fuss sich nicht nur übermässige, sondern auch sehr starke Seitenbewegungen machte. Nach dem ursprünglichen Projecte sollte statt seiner ein Brückenbau ausgeführt werden, doch wählte man, in der Hoffnung die Baukosten bedeutend zu verringern, eine Dammschüttung. Letztere kostete indessen nicht nur sehr grosse Kosten verursacht, sondern bildete noch vor wenigen Jahren, nachdem die Schifffahrt bereits eröffnet war, den bedenklichsten Theil der ganzen Kanal-Anlage. Schon in der Scheitelstrecke ohnfern Neumarkt nähert sich der Kanal dem Thale der Sulz, eines Nebenflusses der Altmühl. Er verfolgt dasselbe auf seinem südlichen Abhange. Etwa eine Meile von Neumarkt liegt die erste Schleuse und bei Griesstetten übersteigt der Kanal die Dietfurt tritt der Kanal in das Bette der Altmühl. Dieser Theil ist etwas über 4 Meilen lang, sein Gefälle beträgt 206 Fuss und es liegen darin 20 Schleusen. Von Griesstetten bis zur Donau bei Kehlheim bildet die Altmühl die Fortsetzung des Kanals, die Länge derselben misst 5 Meilen, ihr Gefälle, das 67 Fuss beträgt, ist durch die Anlage von 3 Schleusen gemässigt.

Die Länge des eigentlichen Kanales von der Regnitz oberhalb Bamberg bis zur Altmühl bei Griesstetten misst 18½ Meilen und es liegen darin 87 Schleusen, während das Gefälle des nördlichen Abhanges 619, und das des südlichen 206 Fuss beträgt. Mit Einschluss der beiden durch Schleusen-Anlagen schiffbar gemachten Flussstrecken vom Krahn in Bamberg bis zur Donau bei Kehlheim beträgt die Länge des ganzen Schifffahrts-Wege 23 Meilen. Es liegen darin 91 Schleusen und das Gefälle des nördlichen Abhange beträgt 630, im südlichen dagegen 273 Fuss.

Der Kanal ist in der Sohle 34 Fuss breit und hält den Wasserstand von 5 Fuss. Er ist auf beiden Seiten mit 8 bis 10 Fuss breiten Leinpfaden versehen, die 2 Fuss über dem Wasserspiegel liegen. Die Schleusen sind 16 Fuss weit und zwischen den Thoren 117 Fuss lang. Vor den eigentlichen Unterthoren befindet sich jedoch jedesmal noch ein drittes Thorpaar, wodurch man die Schleusenkaammern auf 97 Fuss abkürzen kann. Vor

ben andern Eigenthümlichkeiten dieser Schleusen ist bereits im V. Abschnitte die Rede gewesen.

Noch wäre zu erwähnen, dass dieser Kanal Eigenthum einer Actien-Gesellschaft ist, welche die Baukosten bestritt, während die Baierische Regierung die Ausführung übernommen hatte. Der Bau wurde im Juli 1841 beendigt sein, doch verzögerte sich die Ausführung mancher Theile um mehrere Jahre, so dass die Eröffnung viel später erfolgen konnte.

Unter den Strömen, welche durch Schleusen-Anlagen schiffbar gemacht sind, darf man die Weser und Elbe kaum nennen, auf jedem derselben nur eine einzige Schiffschleuse erbaut, nämlich auf der Weser bei Hameln und auf der Elbe bei Magdeburg. Erstere bildet wegen ihrer geringen Dimensionen eine der grössten Schiffahrts-Hindernisse auf der Weser; letztere dagegen ist allerdings im Schiffahrts-Interesse angelegt, indem die Elbe in Magdeburg von einer Felsbank durchsetzt wird, über der ein starkes Gefälle statt findet. Nichts desto weniger ist diese Schleuse dem heutigen Verkehr nicht entsprechend, da sie ist etwas weniger störend, als die bei Hameln, insofern die Strombettsohle hier durch kein künstliches Wehr geschlossen ist, daher bei gewissen Wasserständen die Schiffe dasselbe be-  
fahren können.

Unter den Nebenflüssen der Weser ist die Fulda durch kleine Schiffschleusen schiffbar gemacht, sie steht aber mit der Weser nicht in Verbindung, indem bei Hannoverisch-Braunschweig ein Wehr durch die Mündung der Fulda gezogen ist.

Wenig hier die natürliche Beschaffenheit des Stromes den Durchgang der Schiffe verhindert, ergiebt sich daraus, dass ein Dampfschiff wiederholentlich hindurchgegangen ist, nachdem das Wehr zu diesem Zwecke an einer Stelle aufgebrochen war.

Auf der Werra befinden sich keine Schleusen. Die Schiffahrt, die sich hier bis Wanfried erstreckt, ist viel bedeutender, als auf der Fulda. Doch auch die Mündung der Werra in die Elbe ist durch ein künstliches Wehr (sogenanntes „Hannoversch Münden theils durch eine künstliche Sperre und theils durch polizeiliches Verbot“) für den Durchgang von Schiffen gesperrt.

Im Anfange der Vierziger Jahre habe ich neben dem sogenannten „Hannoversch Münden“, oder der Rinne, durch welche die Werra der Elbe zu-



fen geschlossen. Der Zweck dieser Maassregel ist, wie sagt, kein anderer, als dass der Stadt Hannoverisch Mühlener Erwerb beim Umladen der Frachten gesichert werden sollte.

Von den Flüssen, welche der Elbe auf der westlichen Seite zufließen, wurde die Saale von Halle abwärts schon unter der Regierung des Königs Friedrich I. durch Erbauung mehrerer Schleusen schiffbar gemacht. In den Jahren 1790 bis 1797 dehnte man ihre Schiffbarkeit durch neue Schleusenanlagen bis zur Mündung der Unstrut oberhalb Naumburg aus, und auf der Unstrut wurden bis zur Saline Artern eine grosse Anzahl Schleusen gebaut. Es befindet sich sogar bei Artern eine Schleuse, die die Schiffe noch weiter aufwärts gehen könnten, wenn sie die Brücke daselbst in viel geringeren Dimensionen ausgeführt hätten. Von Artern abwärts bis zur Saale befinden sich elf Schleusen, die 17 Fuss 8 Zoll bis 18 Fuss weit, und zwischen den Schleusen 153 bis 156 Fuss lang sind.

Die Saale ist von der Mündung der Unstrut bis zur Mündung in die Elbe mit siebenzehn Schleusen versehen, von denen die sieben oberhalb Merseburg, dieselben Dimensionen, wie die Unstrut-Schleusen haben. Die folgenden bis Bernburg, sind 18 Fuss weit, die Kammer 168 Fuss lang. Dazwischen liegen indessen auch einige grössere Schleusen, die mit der untern bei Bernburg übereinstimmen. Diese ist 20 Fuss weit und 180 Fuss lang.

Einer der bedeutendsten Nebenflüsse der Elbe ist die Havel, die fast in ihrer ganzen Länge ein ebenes, zum Theil unfruchtbares Terrain durchfließt, welches sie in nassen Jahren unvollständig entwässert. Sie ist von der Mecklenburger Grenze ab schiffbar, und theils selbst mit mehreren Schleusen versehen, theils steht sie aber mit einer Menge kleinerer grösserer Schifffahrtskanäle in Verbindung, von denen die vorzugsweise zur Abfuhr von Torf und andern rohen Waaren dienen, letztere aber sehr lebhaft Handelsstrassen sind, welche wichtige Verbindungen mit der Oder und obern Elbe darstellen.

Die Warnungstafel gesehn, die den Durchgang aller Fahrzeuge unbedingt verbot. Zur grössern Sicherheit war sogar eine Stange quer über das Hohl gespannt.

\*) Praktische Darstellung der Bauwissenschaft. Dritter Band. Berlin 1796. Seite 160.



die Havel im letzten Theile ihres Laufes, von Plauen ab, nordwärts wendet, und in gerader Linie gemessen 9 Meilen zur Seite der Elbe fliesst, ehe sie sich bei Werben, unterhalb Elberg mit derselben vereinigt; so waren die Schiffe, welche Elbe herabkamen und die Havel hinaufgehn sollten, gezwungen, einen übermässigen Umweg zu machen. Um diesen zu vermeiden, wurde in den Jahren 1743 bis 1745 der Plauensche Kanal ausgeführt. Derselbe beginnt in dem alten, am obern verlandeten Elbarme, der sich bei Derben und Parey vorfindet. Der Kanal geht neben Genthin vorbei und mündet in von der Havel gebildeten Plauenschen See. Er ist 4 Meilen lang und mit drei Schleusen versehen, deren Gefälle jedesmal in Richtung nach der Havel gekehrt ist. Der Kanal hat also, obwohl er zwei Ströme mit einander verbindet, keine Scheitelwerke, vielmehr wird er von dem einen Ende aus, nämlich von Elbe gespeist. Sein ganzes Gefälle beträgt bei kleinem Wasser nur 17 Fuss. Die Schleusen sind 25 Fuss weit und zwischen Thoren 160 Fuss lang. Der alte Elbarm, der die Fortsetzung des Kanales bildet, ist von der Pareyer Schleuse bis zur mündlichen Elbe unterhalb Derben drei Viertel Meilen lang.

Die Havel ist sowohl in ihrem untern Theile bei Rathenow, auch oberhalb Plauen bei Brandenburg mit Schleusen von ungemein Gefälle versehen, die 24 Fuss weit sind. Unterhalb Brandenburg mündet in die Havel die Spree, die theils als Schiffahrtsfluss nach Berlin, theils aber auch wegen ihrer Verbindung mit dem obern Oder von grosser Wichtigkeit ist, wozu noch kommt, dass sie an sich schon mit ausgedehnten Seen und andern schiffbaren Flüssen verbunden war, und mehrere kleinere Kanäle sich an sie anschliessen. Oberhalb der Mündung der Spree liegt ober der Havel eine Schleuse, und aus dem Oberwasser derselben ist gegenwärtig ein Kanal nach Berlin gezogen, der zwar gewöhnlich kein Gefälle haben, jedoch wahrscheinlich mit einer Schleuse versehen werden wird, um bei den wechselnden Wasserständen nicht zu stark durchströmt zu werden. Bei Pinnow und Oranienburg ist die Havel wegen der dortigen Mühlen wieder mit Wehre aufgestaut, und daneben befinden sich Schleusen. Eine Meile oberhalb Oranienburg beginnt der nahe eine Meile lange Seitenkanal der Havel, der Malzer-Kanal, der mit zwei Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3

Schleusen versehen ist und unterhalb Liebenwalde in der sogenannten Faulen-Havel endigt. Die Schleusen dieses Kanals sind nahe 17 Fuss weit und 130 Fuss lang.

In der Nähe von Liebenwalde beginnt der Finow-Kanal, der bei Neustadt-Eberswalde und Oderberg vorbeiführend, gegenüber Zehden in die Oder mündet. Dieser Kanal wurde bereits in den Jahren 1605 bis 1620 ausgeführt und mit 11 hölzernen Schleusen versehen. Dieselben erforderten indessen gleich Anfangs sehr bedeutende Reparaturen, und als einige Zeit später der Finow-Fluss, dessen Bette der Kanal verfolgt, das oberhalb belegene Wehr durchbrach, so stürzten alle Schleusen ein, und der ganze Kanal verfiel während der Zeit des dreissigjährigen Krieges vollständig, dass er sogar ganz in Vergessenheit gerieth. Unter der Regierung Friedrich des Zweiten wurde im Jahre 1740 gleichzeitig mit dem Planenschen Kanale auch die Verbindung der Havel mit der Oder angeregt, und für letztere die Niederung bezeichnet, die sich von Liebenwalde nach Neustadt-Eberswalde hinzieht. In dem Berichte über die angestellten Voruntersuchungen wurde darauf die Mittheilung gemacht, dass nach den im Archive zu Neustadt aufgefundenen Urkunden ein solcher Kanal bereits im Anfange des vorhergehenden Jahrhunderts ausgeführt, und einige Zeit hindurch benutzt sei. Bei den spätern Arbeiten fanden die alten Schleusen-Böden sich auch in der That vor, und einer derselben konnte sogar wieder benutzt werden.

Die Ausführung des Kanales ging so rasch vor sich, dass 1746 schon die Schifffahrt darin eröffnet wurde, nichts desto weniger mussten zur Beseitigung vielfacher Untiefen fortwährend neue Anlagen darin gemacht werden, und die ursprüngliche Anzahl von neun Schleusen hat sich bis zur neuesten Zeit beinahe verdoppelt, indem gegenwärtig in dieser ganzen Wasserstrasse 15 Schleusen bestehn, und die 16te in der Ausführung begriffen ist.

Die beiderseitigen Endpunkte des Kanales, oder dessen Verbindungen mit der Havel und Oder müssen noch specieller beschrieben werden. Die Havel spaltet sich oberhalb Liebenwalde in zwei Arme, von denen der linke, der unmittelbar neben dem Städtchen vorbeifliesst und mit dem Kanale in Verbindung steht, sehr versandet war: derselbe heisst die Faule Havel, und sein oberer Theil wird der Voss-Graben genannt. Bei der Ausführung

Der Kanale stellte man durch Erbauung von zwei Schleusen in dem untern Theile dieses Armes die nöthige Schiffahrts-Tiefe her, während der obere Theil, der nicht befahren werden konnte, zum Speisegraben für den Kanal bildete, und die Scheitelstrecke zwischen aus der obern Havel mit Wasser versorgte. Diese Ableitung zeigte sich indessen bei dem sehr starken Verkehr im Kanale zur Zeit des kleinen Wassers nicht als genügend. Uebrigens war es auch sehr störend, dass die Schiffe, welche von der untern Havel herabkamen, im rechten Arme bei Liebenwalde vorüberfahren, und dann die Faule Havel hinaufgehn mussten, um sich dem Kanale zu kommen. Endlich aber bot auch die Havel, unterhalb der Verbindung beider Arme der Schiffahrt noch einfache Hindernisse. Hiernach wurde aus der Faulen Havel der bereits erwähnte Malzer Kanal weiter abwärts geführt, und der obere Theil des Flussarmes, oder der Voss-Graben mit einer Schleuse versehen, und so vertieft, dass er gleichfalls befahren werden kann. Er stellt sonach die Verbindung des Finow-Kanals mit der obern Havel dar, und zugleich ist er ein so kräftiger Zuleitungsgraben, dass im Kanale nie Wassermangel zu besorgen ist. Auf diese Weise wiederholt sich auch beim Finow-Kanale die Eigenthümlichkeit des Plauenschen, dass er nämlich eine eigentliche Scheitelstrecke hat, er vielmehr in allen Schleusen das Gefälle von dem einen Strome zum andern, nämlich von der Havel zur Oder darstellt.

Was seine Verbindung mit der Oder betrifft, so hatte man ursprünglich den Kanal nur bis zur Oder-Niederung gezogen, in der Erwartung, dass von dem Dorfe Nieder-Finow ab die Finow zur Bette bis zur Oder hinreichend tief erhalten werde. Dieses geschah indessen keineswegs, und namentlich trat vor der Kanal-Mündung ein sehr störender Wassermangel ein, nachdem der 2½ Meilen lange Oder-Durchstich von Güstebiese bis Wutzow im Jahre 1753 eröffnet war. Hierdurch wurde die Kanal-Mündung um auf 2 Meilen von der Oder entfernt, und theils senkte sich der Wasserstand nach Maassgabe des verlorenen Gefälles, theils nahmen seit dieser Zeit auch die Verlandungen in dem nur durch Rückstau aus der Oder gefüllten alten Strombette in hohem Grade zu. Es musste daher der Kanal verlängert und bei Liepe mit einer neuen Schleuse versehen werden. Doch auch hierdurch war

das Uebel noch keineswegs gehoben, indem weiter abwärts noch die nöthige Tiefe fehlte, die nur mühsam durch anhaltendes Baggern dargestellt werden konnte. Gegenwärtig ist man damit beschäftigt, zur vollständigeren Trockenlegung der sehr versumpften Oder-Niederung die Verbindung derselben mit dem Strome noch etwa 1½ Meilen weiter abwärts bis gegen Bellingchen herauszurücken, und so weit den Entwässerungs-Graben durch das hohe Oder-Ufer zu führen. Die alte Oder, welche die Fortsetzung des Finow-Kanales bildet, soll aber durch eine Schleuse bei Hohen-Sauten mit dem Strome in Verbindung gesetzt werden.

Der Finow-Kanal ist von der Havel bei Liebenwalde bis zur alten Oder bei Liepe 6 Meilen lang, und sein Gefälle in dieser Strecke beträgt etwa 120 Fuss. Dasselbe ist mit Ausschluss der im Bau begriffenen Schleuse bei Hohen-Sauten auf fünfzehn Schleusen vertheilt, die 17 Fuss weit, und zwischen den Abfallböden und Unterthoren 130 Fuss lang sind.

Die Spree, welche bei Spandau in die Havel fällt, ist weit aufwärts schiffbar. In Berlin ist sie mit einer 24 Fuss weiten Schleuse versehen, die in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erbaut wurde, nachdem eine hölzerne schon nahe hundert Jahr früher bestanden hatte. Gegenwärtig bietet diese Schleuse der Schiffahrt grosse Hindernisse, indem durch die ausgeführten Stromregulirungen und Baggerungen der Stand des Unterwassers sich so tief gesenkt hat, dass in den Sommermonaten beladene Schiffe nicht hindurch können, vielmehr ein Theil der Ladung jedesmal gelichtet werden muss. Ausserdem ist der Schiffsverkehr in Berlin so ausgedehnt, dass beim Durchgange durch die Brücken und die Schleuse, so wie auch neben den Haupt-Landestellen ein langer Aufenthalt ganz unvermeidlich ist. Es gehört wohl zu den Seltenheiten, dass ein grösseres Schiff den Weg durch Berlin in einer Woche zurücklegt, während häufig ein Monat und darüber hierzu erforderlich ist. Dabei sind zugleich die Sperrungen des Strassenverkehrs wegen des häufigen Oeffnens der Brückenkappen in hohem Grade störend. Aus diesen Gründen hat man in einigen Jahren durch Schiffbarmachung des Landwehrs-Grabens einen Seitenkanal für die durchgehenden Schiffe eröffnet. Derselbe tritt oberhalb Berlin aus der Spree, geht auf der Südseite um die Stadt herum, und mündet oberhalb Charlottenburg

eder in die Spree. Das Gefälle dieses Kanales beträgt ausser-  
m Falles nur etwa 7 Fuss. Dasselbe hätte daher durch eine einzige  
Schleuse aufgehoben werden können, wenn es nicht nöthig gewe-  
n wäre, den nahe eine Meile langen Kanal dem steten Schwän-  
gen des Wasserstandes der Spree zu entziehn, und zugleich den  
Wasserspiegel in solcher Höhe zu erhalten, dass weder die um-  
gebenden Gärten und Wiesen durch Senkung des Grundwassers  
an Fruchtbarkeit verlieren, noch auch die Vorfluth derselben und  
die Entwässerung der Stadt gestört wurde. Aus diesen Gründen  
mussten zwei Schleusen erbaut werden, denen man die Weite von  
10 Fuss gab, um auch kleinere Dampfschiffe hindurchführen zu  
lassen. Dieser Kanal steht mittelst eines Seitenkanales, der  
unfern der obern Schleuse abgeht, noch zum Drittenmale mit der  
Spree in Verbindung. Letzterer ist noch in der Ausführung be-  
griffen; er durchschneidet den östlichen Theil von Berlin, woselbst  
viele bedeutende Fabriken bestehn, und wird neben der Mündung  
in die Spree mit einer dritten Schleuse versehen.

Sieben Meilen oberhalb Berlin, bei Fürstenwalde befindet sich  
jeder ein Wehr in der Spree und daneben eine Schleuse. Drei  
Meilen weiter aufwärts beginnt der Mühlrosen- oder Fried-  
rich-Wilhelms-Kanal, der die Spree mit der Oder  
verbindet. Derselbe ist unter der Regierung des grossen Churfür-  
sten, dessen Namen er trägt, in den Jahren 1662 bis 1668 erbaut,  
und obwohl die Schleusen wiederholentlich erneuert worden sind,  
noch nicht wesentlich verändert. Ein lebhafter Schiffsverkehr  
ist sich auf demselben fortwährend erhalten. Dieser Kanal ist  
an einer Scheitelstrecke versehen, welche durch die Schlaube,  
einen Nebenfluss der Oder, gespeist wird. Von der Spree aus  
steigt er mittelst zweier Schleusen 12 Fuss hoch herauf, und  
fällt auf der andern Seite, indem er die Schlaube verfolgt, vom  
Mühlrose ab 60 Fuss tief in acht Schleusen nach der Oder herab.  
Unfern Brieskow mündet er in einen alten Arm der Oder, der  
bei Lossow, etwa eine Meile oberhalb Frankfurt sich herabzieht  
und hier in den Hauptarm der Oder fällt. Die Länge des eigent-  
lichen Kanales misst  $3\frac{1}{2}$  deutsche Meilen. Die Schleusen sind  
7 Fuss weit und in den Kammern 130 Fuss lang.

In der Oder liegen weiter aufwärts noch vier Schiffschleu-  
sen, nämlich bei Breslau, Ohlau, Brieg und Cosel, von denen



die beiden ersteren 8 Fuss und die beiden letztern 10 Fuss fälle haben. Unterhalb Cosel mündet in die Oder der im Anfang dieses Jahrhunderts ausgeführte Clodnitz-Kanal, der sich einer Länge von  $6\frac{1}{2}$  Meilen bis Gleiwitz erstreckt und zur fuhr der Bergwerks-Produkte dient. Er steigt in 18 Schleusen etwa 160 Fuss an. Die Schleusen hatten anfangs nur die Höhe von 13 Fuss und zwischen den Abfallboden und den Unterwasser die Länge von 100 Fuss. Bei vorkommenden Neubauten nahm man denselben aber die Dimensionen, welche für den Finowkanal und den Friedrich-Wilhelms-Kanal angenommen sind. sprünglich war der Kanal noch über Gleiwitz hinaus geführt, was zwar wegen des starken Gefälles zwei geneigte Schleusen erbaut, die aber schon lange eingegangen sind. Die Schleuse ist bis an die Oesterreichische Grenze schiffbar.

Das wichtige Kanalnetz zwischen der Elbe und Oder erstreckt sich auch weiter ostwärts fort. Bei Cüstrin mündet in die Oder die schiffbare Warthe, in welche sich oberhalb Landsberg der Netze ergießt. Letztere ist bis Nackel schiffbar und hier beginnt der Bromberger Kanal, der sie mit der Brahe und Weichsel verbindet. Dieser Kanal in den Jahren 1771 und 1776, also unter der Regierung Friedrich des Grossen erbaut, erhielt 20 Jahre später in seinen Schleusen, die ursprünglich nur mit Holzwänden eingefasst waren, manche Aenderungen. Er steigt von der Netze bis zur Scheitelstrecke in 2 Schleusen 78 Fuss an. Die Scheitelstrecke, über 2 Meilen lang, wird aus dem obern Netze durch einen Zuleitungs-Graben gespeist. Auf der östlichen Seite senkt sich der Kanal in sieben Schleusen zur Brahe in Bromberg. In der Brahe liegt daselbst abermals eine achte Schleuse. Das ganze Gefälle von der Scheitelstrecke bis zum Unterwasser dieser letzten Schleuse beträgt 78 Fuss. Der eigentliche Kanal ist nahe 5 Meilen lang, und die Schleusen erhalten, so oft eine derselben umgebaut wird, die für den Finow- und Roser-Kanal angenommenen Dimensionen.

Der untere Theil der Brahe, von Bromberg abwärts bis zur Weichsel ist durch Stromregulirung schiffbar gemacht. Auf der Weichsel selbst ist dagegen bisher sehr wenig zur Erleichterung der Schiffahrt geschehn, und dieser Strom, der nach seiner Ausdehnung seines Gebietes dem Rheine nicht nachsteht, zur

Anschwellungen aber wahrscheinlich mehr Wasser, als der in abführt, kann bei anhaltender Dürre wegen Mangel an Tiefe nicht beschifft werden. Er zeigt alsdann das Bild eines im Naturzustande, wo zwischen weit ausgedehnten, bald bald dort abgelagerten Sandfeldern, das Wasser in scharf gekrümmten flachen Rinnen sich hindurchwindet. Es gehört nicht zu den Seltenheiten, dass man alsdann Leute hindurchgehen sieht, dass sie das Knie benetzen. Bei etwas höherem Wasser steigen, besonders im Frühjahr, wenn die grossen Schiffe mit Leinwand und andern Producten aus Polen herabkommen, eröffnet sich eine mässige Schifffahrt auf der Weichsel, woran auch die Dampfschiffe, welche durch den Bromberger Kanal gegangen sind, Theil nehmen. Letztere gehen mit Hülfe der Segel später wieder die Weichsel herauf, während die Polnischen Fahrzeuge nur eine kleine Fahrt machen, und in Danzig oder Elbing verkauft und zerschlagen werden.

Die Schifffahrts-Verhältnisse der Weichsel haben sich in neuer Zeit wesentlich anders gestaltet, als sie früher waren. An der Montauer Spitze, zwischen Marienwerder und Dirschau, spaltet sich der Strom in zwei Arme, nämlich die eigentliche Weichsel und die Nogat. Erstere führte die Schiffe früher bis Danzig.

Nachdem aber im Jahre 1840 der Strom sich eine neue Mündung in die See bei Neufähr eröffnet hat, musste der vorerwähnte Theil der Weichsel, dessen Länge etwa 2 Meilen beträgt, zur Versandungen geschützt, und deshalb am obern Ende abgegesen werden. Eine hölzerne Schleuse von 40 Fuss Weite und 200 Fuss Länge ist hier erbaut.

Wichtiger sind die Veränderungen, welche man mit Rücksicht auf die Eisenbahnbauten in der Nogat einführt. Der Hauptkanal soll nämlich der Weichsel zugewiesen, und die Nogat vor den höchst gefährlichen Eisgängen möglichst sicher gestellt werden.

Zu diesem Zwecke wird die Mündung der Nogat neben der Montauer Spitze nach und nach durchgebaut, und soll vollständig geschlossen werden. Dagegen will man durch einen Seitenkanal etwas weiter abwärts die Nogat mit der Weichsel verbinden. Da dieser Kanal aber nicht mit Schleusen versehen wird, so wird in dem weiten und tiefen Bette der Nogat in Folge des vermehrten verminderten Zuflusses eine starke Senkung des

Wasserstandes zu erwarten ist, so steht es dahin, ob dieser noch eine bequeme Schifffahrt gestatten wird.

Zur Verbindung zwischen Danzig und Elbing diente ein Arm der Weichsel, der sich bei Rothe Bude etwa drei oberhalb Danzig von dem Hauptstrome abzweigte, und Elbinger Weichsel genannt wurde. Er mündete mittelst grossen Anzahl von Armen in das Frische Haff. Seitdem nun die Weichsel durch die neue Mündung bei Neufahrn die See ergiesst, hat die Elbinger Weichsel den Zufluss verloren und ist an ihren Mündungen ganz versandet. Zur Wiederstellung der Schifffahrts-Verbindung zwischen Danzig und Frischen Haff ist daher mit Benutzung der früheren Abzweigungen ein Kanal eröffnet, der etwas oberhalb Rothe Bude beginnt und mitten durch die Niederung bis zur Tiege nahe am Tiegenhoff führt. Er ist auf jeder Seite mit einer Schleuse 24 Fuss Weite versehen. Die Tiege, die nur durch die Abgräben aus der Niederung gespeist wird, und schon früher unbar war, ist theils durch mehrere Durchstiche corrigirt, theils auch eine bessere Mündung erhalten, indem sie nach tieferen Bucht im Frischen Haffe geführt ist.

Die Nogat mündet durch viele kleinere Arme gleichfalls in das Frische Haff. Keiner derselben ist für grössere Schifffahrt bar, und schon in früherer Zeit hat man sie deshalb mit dem Elbing-Fluss durch einen Kanal verbunden. Dieser Kraffohl-Kanal, der von der ungetheilten Nogat beginnt und sich unterhalb Elbing in den Fluss gleiches Namens ergiesst. In diesem Kanale liegt neben der Nogat eine hölzerne Schleuse von 42 Fuss Weite. Die Elbing ist nun sich ein sehr starker Fluss, der theils von den Entwässerungsgräben gespeist wird, theils von dem Drausen-See gespeist wird; er ist dessen der Verschlämmung oder Versandung wenig ausgesetzt, die Zuflüsse nur reines Wasser liefern. Man hat ihn so vertieft und vertieft, dass selbst kleinere Seeschiffe bei Elbing aufgehen können. Seine Mündung in das Haff kann freilich mit grosser Schwierigkeit offen erhalten und namentlich die Sandmassen geschützt werden, welche die Nogat herbeiführt. Doch ist bereits ein weit ausgedehnter Steindamm zu diesem Ende

dem Haff erbaut, und Dampfbugger sind daselbst dauernd in Thätigkeit, um die Mündung des Elbinger Hafens offen zu erhalten.

Die bezeichnete Binnenschifffahrt erreicht aber in Elbing keineswegs ihre Grenze, vielmehr setzt sie sich durch das Frische Haff und den Pregel noch weit fort. Ueber Elbing hinaus benutzt man freilich nur selten noch die langen und flachen Oderarme, da dieselben aber das Frische Haff vor Swinemünde regelmäßig befahren, so dürfte der Grund ihres seltenen Vorkommens dem Frischen Haffe in Ostpreussen weniger in einer Besorgnis vor dem Wellenschlage, als vielmehr darin zu suchen sein, dass sich kein hinreichender Verkehr durch die ganze Länge der Schiffahrts-Linie gebildet hat. Die Schiffe, welche jenseits Elbing auf den Binnengewässern benutzt werden, sind Lichterboote mit flachem Boden und vollständigem Verdeck. Auch sind sie wie kleine Seeschiffe zugetackelt. Sie segeln, wenn sie im Wind sind, selbst hart am Winde, und ertragen ohne Nachtheil den mässigen Wellenschlag.

Am Pregel beginnt ein eigenthümliches Kanal-System, nämlich ohne Schiffschleusen, welches eine Verbindung mit dem Memelstrom darstellt, ohne das zwischenliegende Curische Haff zu überbrücken. Vor Tapiau spaltet sich der Pregel in zwei Arme, von denen der grössere nach Königsberg und dem Frischen Haff fliesst, während der schwächere, die Deime genannt, sich nordwärts wendet, und hinter Labiau in das Curische Haff mündet. Ob die Deime von Natur einen Abfluss aus dem Pregel darstellte, oder vielleicht wie wahrscheinlich, nur zur Zeit der Anschwellungen einen Theil des Hochwassers abführte, oder aber gar nicht mit dem Pregel in Verbindung stand, ist ungewiss. Die Chroniken erzählen aber viel von der grossen Anzahl von Arbeiten, die zur Zeit des Ordens den Deime-Graben oder die jetzige Deime von Schmeerberg, südlich von Labiau, bis zum Pregel bei Tapiau gegraben haben. Die Zeit dieses Unternehmens ist ungewiss, sie fällt jedoch wahrscheinlich in den Anfang des vierzehnten Jahrhunderts, vielleicht in die Regierung des Hochmeisters Heinrich von Sternberg. Jedenfalls war diese Anlage für den Verkehr von grosser Wichtigkeit, weil dadurch die Schifffahrt auf dem Niemen oder Memel-Strom über Königsberg geleitet werden konnte. In späterer Zeit hat man die Deime auch mit Schleusen



versehn, die jedoch längst verschwunden sind. Der Weg zu dem Curische Haff war aber in vielfacher Beziehung sehr beschwerlich und gefährlich, daher wurde gleichzeitig oder erst später eine zweite Kanal-Anlage eingeleitet, welche die Deime mit dem Nemonin, dem südlichsten Arme des Memel-Stromes verbinden sollte. Diese Arbeit wurde aber damals noch nicht vollendet.

Ehe ich zur Beschreibung dieser später ausgeführten Verbindung übergehe, ist es nöthig, über den Memel-Ström einiges mitzutheilen. Derselbe tritt bei Schmalleninken als ein mächtiger Strom über die Preussische Grenze, und bildet die Hauptstrasse des Handels für den nördlichen Theil des Königreichs Polen und für das Gouvernement Wilna. Er fliesst in Preussen Anfangs zwischen hohen Ufern, sobald er aber unterhalb Königsberg die Niederungen erreicht, spaltet er sich in eine grosse Anzahl von Armen. Die erste Spaltung liegt ohnfern Perwalkino, woselbst der Hauptarm, der Russ genannt, sich nordwärts wendet und sich in vielen Armen in das Curische Haff ergiesst. Er wird von denjenigen Schiffen befahren, die nach dem Haff von Memel gehn. Der zweite Arm ist die Gilge, die in vielen scharfen Krümmungen anfangs westlich, später mehr südlich fliesst, sich vielfach spaltet und gleichfalls in das Curische Haff mündet. Sie ist gegenwärtig mit dem Laucke Fluss verbunden, dessen unterer Theil den Namen Nemonin führt, der aber wahrscheinlich früher ganz getrennt von ihr sich weiter südlich in das Haff ergoss.

Die nach Königsberg bestimmten Fahrzeuge gingen früher durch die Gilge und das Haff nach der Deime. Dieser Weg wurde 1613 bis 1616 dadurch etwas erleichtert, dass man dort einen 1½ Meilen langen Kanal, die Neue Gilge genannt, durch die grosse Menge Krümmungen der Gilge abschnitt. Der Graben war 60 Fuss breit und wurde im Terrain 12 Fuss tief ausgehoben. Sobald man ihn eröffnet hatte, stürzte der Strom mit solcher Hefigkeit hinein, dass er sogleich eine grosse Tiefe nahm, und das alte Bette bald versandete und unfahrbar wurde.

Das vom Orden angeragte Project zur unmittelbaren Verbindung der Deime mit der Gilge, kam in der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts wieder zur Sprache, indem die kaiserlichen Polnischen Fahrzeuge, jenen auf der Weichsel zu



beim Uebergange über das Haß häufig verunglückten. Auf den Reichstage in Warschau entschloss man sich sogar, die Kosten zum Bau zu bewilligen, und schickte deshalb Abgeordnete nach Preussen. Der Churfürst Friedrich Wilhelm III. lehnte Anfangs die Anerbieten nicht geradezu ab, doch verzögerte er die Verhandlungen, bis er selbst die nöthigen Einleitungen zum Bau getroffen hatte, worauf er jene Vorschläge zurückwies. Er übertrug die Ausführung an Philipp von Chieze, seinen Kammerjunker und Baumeister. Derselbe hatte bereits an den Schlössern in Berlin und Potsdam manche Bauten geleitet, auch die erste Schleuse in Berlin erbaut, und das Project zum Mühlroser Kanale entworfen. Ihm wurde 1669 ein Contract geschlossen, wonach derselbe verbindlich machte, fünf und zwanzig Dörfer des Amtes Mühlrose, deren Fluren durch die Gilge ganz versumpft waren, vom Wasser zu befreien, und zugleich einen schiffbaren Kanal zwischen der Deime und Gilge von 60 Fuss Breite und 6 Fuss Vertiefe zu erbauen. Ihm wurden dafür die Abgaben jener Dörfer während zehn Jahren, so wie die Kanalzölle zugestanden. Er starb bald darauf, und seine Wittwe, die später noch dem Grafen Truchsess verheirathet gewesen war, führte diese Arbeit aus. Sie leitete sogar selbst die Arbeiten, indem sie in der Nähe der Baustellen ihre Wohnung aufschlug. Von den gewöhnlichen Tages üblichen Vorarbeiten und Nivellements war dabei die Rede. Um sich aber von der Höhenlage des Terrains zu überzeugen, liess die Gräfin mit grossen Kosten Proben ziehen, und der Wasserstand, der sich in diesen einstellte, zur Bestimmung der Tiefe der Ausgrabung.

Die neue Wasserstrasse bestand zunächst aus dem kleinen Mühlroser Graben, der bei Seckenburg aus der Gilge, unter dem erwähnten Durchstiche, die Gilge benannt, ausgeht, und Petricken in den Nemonin mündet. Dieser Kanal den man die Greituschke nennt, ist etwa 1 Meile lang, und es findet eine sehr starke Strömung statt, indem die vielen Krümmungen der untern Gilge, die er umgeht, das Wasser weniger abführen. Letztere ist seitdem auch so versandet, dass sie bei höherem Wasser noch befahren werden kann. Von Mühlrose bis Wiepe, auf  $1\frac{1}{4}$  Meile Länge, verfolgt der neue Kanal den alten Flusslauf, der den Namen Nemonin führt,

und gegenwärtig die Hauptmündung der Gilge ist. Er liegt sich eine halbe Meile unterhalb Wiepe in das Curische Meer. Bei Wiepe beginnt endlich der Grosse Friedrichsgraben, der in geringer Entfernung vom Ufer des Haffes bis Labiau gezogen ist, und hier mit der Deime in Verbindung steht. Er ist nahe 2½ Meilen lang, und enthält gemeinlich stehendes Wasser. Zuweilen bildet sich in ihm eine schwache Strömung, die nach der Maassgabe der Richtung des Windes bald der Deime mit, bald dem Nemonin zugekehrt ist, und nur durch das Anschwellen des Haffes in die Mündung des einen und des andern Flusses veranlasst wird. Im Jahre 1697 waren die Kanäle beendet. Nach dem Tode der Gräfin Truchsess kaufte der König Friedrich I. im Jahre 1707 von ihren Nachkommen die Rechte zur Erhebung der Kanalzölle ab, so dass die Wasserstrassen dieser Zeit Staats-Eigenthum sind \*).

Die eben beschriebenen Stromdurchstiche und Kanäle haben seit ihrer Ausführung keine wesentlichen Aenderungen erfahren, und sie bilden auch gegenwärtig die Verbindung zwischen dem Pregel und dem Memel-Strom. Die spätern Verbesserungen stehen, abgesehen von den jährlichen Baggerungen, die zur Erhaltung der Schiffahrt nothwendig sind, aus der Sicherung des Ufers, gegen einen Durchbruch nach dem Grossen Friedrichsgraben, aus einer geringen Verlegung der Mündung dieses Kanals gegen den Nemonin, und endlich aus dem Durchstiche einer Sandbank, die den ungetheilten Memel-Strom nach der Gilge, oder nach der Mündung der obern Mündung dieses Flusses, wodurch sowohl das Einfahren der Schiffe in denselben erleichtert, als auch eine grössere Wassermenge ihm zugeführt wird. Die Wassertiefe, die man gegenwärtig durch die Baggerarbeiten darstellt, beträgt 4 Fuss, und die sämmtlichen Brücken über diese Wasserstrasse haben eine lichte Oeffnung von 24 Fuss.

Der Pregel ist bis Insterburg schiffbar; er bildet sich unterhalb dieser Stadt aus der Vereinigung der Angerapp und der Memel, wozu etwas weiter abwärts noch die Laster tritt. Bei In-

---

\*) Ausführlichere Mittheilungen über diese Kanal-Anlagen findet sich in einem Aufsatze von Reusch in den Beiträgen zur Kunstgeschichte, Bd. IV. Seite 249 ff.

mit einer Schiffsschleuse versehen, die 20 Fuss weit und 100 Fuss lang ist. Im Jahre 1796 wurde ein Nebenfluss derselben, die Alle, die bei Wehlau in ihn mündet, schiffbar gemacht.

Zur Seite des Wehres neben der Mündung erbaute man zu derselben Zeit die Schleuse bei Pinnau, deren Weite  $16\frac{1}{2}$  Fuss und deren Länge zwischen den Thoren 99 Fuss beträgt. Die Besserung der Alle sollte bis Schlippenbeil ausgedehnt werden. Als man indessen in früherer Zeit, die in grosser Menge in der Alle liegenden Granit-Geschiebe beseitigt, auch Stromregulirungen vorgenommen hat, so ist der Erfolg dennoch so gering geblieben, dass man eine Wassertiefe von 2 Fuss bei dem mittleren Stande nicht erreichen konnte. In den letzten Jahren hat man die Arbeiten aufs Neue begonnen.

Die vorstehend beschriebenen Linien der Binnenschifffahrt in Preussen, die sich von der Elbe über die Oder, Weichsel, und Pregel bis zum Memel-Strome erstrecken, stehen an Ausdehnung keineswegs den grossartigsten Unternehmungen des Auslandes nach. Die Terrain-Verhältnisse begünstigten freilich in hohem Grade ihre Anlage und Bauwerke, welche manchen auswärtigen Kanälen ein besonderes Interesse geben, fehlen hier ganz; die Verbindung des Pregels mit der Memel ist sogar ohne Schiffsengelegenheit dargestellt. Man darf aber zur gehörigen Würdigung dieser Anlagen nicht vergessen, dass der bedeutendste Theil derselben aus einer sehr frühen Zeit herrührt. Bis zur Mitte des 17ten Jahrhunderts gehörten die Preussischen Kanäle zu den ärmsten, die es überhaupt gab. Seitdem haben die Verhältnisse sich geändert. Während andre Länder durch ausgedehnte vielfach verzweigte Netze von Wasserstrassen in kurzen Zwischenräumen durchzogen wurden und dabei die uralten Schwierigkeiten durch die grossartigen Bauwerke abzuwenden vermochten, blieb es in Preussen zur ersten Entzerrung der Kanäle erst im 18ten Jahrhundert der erste Anfang des neuen Systems. Vor dieser Zeit ist wieder ein gewaltiger Aufschwung begonnen, so dass nicht unerwähnt bleiben darf, dass auch die baltischen Kanäle Anlage zur Zeit noch nicht erhalten.

Besonders von der Weichsel und der Oder, die die Grenze von Preussen mit dem Russischen Reich bilden, haben den Flüssen die nach dem Jahre 1796 angelegten Kanäle

und gegenwärtig die Hauptmündung der Gilge ist. Er sich eine halbe Meile unterhalb Wiepe in das Carische. Bei Wiepe beginnt endlich der Grosse Friedrichsgraben, der in geringer Entfernung vom Ufer des Haffes bis Lazzen gezogen ist, und hier mit der Deime in Verbindung steht. nahe 2½ Meilen lang, und enthält gemeinhin stehendes Wasser. Zuweilen bildet sich in ihm eine schwache Strömung, wenn die Maassgabe der Richtung des Windes bald der Deime, bald dem Nemonin zugekehrt ist, und nur durch das Anschwellen des Haffes in die Mündung des einen und des andern Flusses veranlasst wird. Im Jahre 1697 waren die Kanäle brandstiftet, nach dem Tode der Gräfin Truchsess kaufte der König Friedrich I. im Jahre 1707 von ihren Nachkommen die Berechtigung zur Erhebung der Kanalzölle ab, so dass die Wasserstraßen dieser Zeit Staats-Eigenthum sind \*).

Die eben beschriebenen Stromdurchstiche und Kanäle seit ihrer Ausführung keine wesentlichen Aenderungen erfahren, und sie bilden auch gegenwärtig die Verbindung zwischen dem Pregel und dem Memel-Strom. Die spätern Verbesserungen stehen, abgesehen von den jährlichen Baggerungen, die zur Erhaltung der Schifffahrt nothwendig sind, aus der Sicherung des Ufers, gegen einen Durchbruch nach dem Grossen Friedrichsgraben aus einer geringen Verlegung der Mündung dieses Flusses nach den Nemonin, und endlich aus dem Durchstiche einer Seitenkanal des ungetheilten Memel-Stromes nach der Gilge, oder der Verlegung der obern Mündung dieses Flusses, wodurch das Einfahren der Schiffe in denselben erleichtert, als auch eine grössere Wassermenge ihm zugeführt wird. Die Wassertiefe, die man gegenwärtig durch die Baggerarbeiten darstellt, beträgt 12 Fuss, und die sämmtlichen Brücken über diese Wasserstrasse lassen eine lichte Oeffnung von 24 Fuss.

Der Pregel ist bis Insterburg schiffbar; er bildet die Hälfte dieser Stadt aus der Vereinigung der Angerapp, wozu etwas weiter abwärts noch die Inster tritt. Bei

---

\*) Ausführlichere Mittheilungen über diese Kanal-Anlage findet sich in einem Aufsätze von Reusch in den Beiträgen zur Kenntniss, Bd. IV. Seite 249 ff.

mit einer Schiffsschleuse versehen, die 20 Fuss weit und 100 Fuss lang ist. Im Jahre 1796 wurde ein Nebenfluss des Havel, die Alle, die bei Wehlau in ihn mündet, schiffbar gemacht.

Zur Seite des Wehres neben der Mündung erbaute man zur selben Zeit die Schleuse bei Pinnau, deren Weite 16½ Fuss und deren Länge zwischen den Thoren 99 Fuss beträgt. Die Barkeit der Alle sollte bis Schlippenbeil ausgedehnt werden. Da man indessen in früherer Zeit, die in grosser Menge in der Gegend liegenden Granit-Geschiebe beseitigt, auch Stromregulirungen vorgenommen hat, so ist der Erfolg dennoch so gering geblieben, dass man eine Wassertiefe von 2 Fuss bei dem mittlern Stande nicht erreichen konnte. In den letzten Jahren hat man die Arbeiten aufs Neue begonnen.

Die vorstehend beschriebenen Linien der Binnenschifffahrt in Preussen, die sich von der Elbe über die Oder, Weichsel, und Memel bis zum Memel-Strome erstrecken, stehen an Ausdehnung keineswegs den grossartigsten Unternehmungen des Auslandes nach. Die Terrain-Verhältnisse begünstigten freilich in hohem Grade ihre Anlage und Bauwerke, welche manchen auswärtigen Kanälen ein besonderes Interesse geben, fehlen hier ganz; die Verbindung des Pregels mit der Memel ist sogar ohne Schiffsengelegenheiten dargestellt. Man darf aber zur gehörigen Würdigung dieser Anlagen nicht vergessen, dass der bedeutendste Theil derselben aus einer sehr frühen Zeit herrührt. Bis zur Mitte des 18ten Jahrhunderts gehörten die Preussischen Kanäle zu den besten, die es überhaupt gab. Seitdem haben die Verhältnisse sich geändert. Während andre Länder durch ausgedehnte und vielfach verzweigte Netze von Wasserstrassen in kurzer Zeit durchgezogen wurden, und dabei die örtlichen Schwierigkeiten durch die grossartigsten Bauwerke überwunden werden konnten, ist in Preussen zur weitem Entwicklung der so viel verordneten ersten Anlagen fast nichts geschehn. Nur in der neuesten Zeit ist wieder ein grossartiger Kanalbau begonnen, der nicht unerwähnt bleiben darf, wenn auch die Einzelheiten seiner Anlage zur Zeit noch nicht feststehn.

Westlich von der Weichsel zieht sich ein hohes Plateau bis zur Grenze von Polen hin. Dasselbe bildet die Wasserscheide zwischen den Flüssen, die sich nordwärts in das Frische Haff

ausfliessen, und denen, die sich südwärts in die Ostsee ergiessen.



näle und ein gänzlichcs Aufhören der Praxis im Kanalbaue daher gewiss nicht in Aussicht.

Dagegen ist es nicht zu leugnen, und die Erfahrungen letzten Jahre haben es überall bestätigt, dass nicht nur die Kanäle, sondern in gleichem Maasse, wo nicht in noch höherem Grade auch die schiffbaren Ströme durch die Eröffnung von Eisenbahnen einen grossen Theil des frühern Verkehrs verloren haben. Man ist zwar selbst in neuester Zeit bei Darstellung von Verkehrswegen keineswegs von der Ansicht ausgegangen, dass Eisenbahnen für den Güterverkehr die Kanäle ganz ersetzen könnten. Man würde, wenn man dieses vermuthet hätte, statt Pennsylvanischen Kanal auszuführen, der beim Uebergange durch das Allegany-Gebirge durch eine Eisenbahn ersetzt werden würde, diese Eisenbahn auch in der Ebene, wo sie weit leichter zu bauen war, bis zu den Endpunkten fortgesetzt, und den Kanal ganz unterlassen haben. Eben so spricht dafür auch der Umstand, dass man in Amerika wehrfach, und zwar gleichzeitig, Kanäle und Eisenbahnen neben einander ausgeführt hat. Auch in Frankreich ist die Vollendung des Marne-Rhein-Kanales keine Aufgabe aufgegeben, obwohl die Paris-Strassburger Eisenbahn, die lange Strecken unmittelbar daneben liegt, theilweise bereits fertig ist.

Diese Thatsachen geben keine entscheidende Antwort auf die gestellte Frage, denn bei der raschen Vervollkommnung des Eisenbahnwesens ist ihr Verhältniss in wenig Jahren wesentlich verändert, und Ansichten, die noch vor Kurzem begründet erschienen haben vielleicht bereits ihre Bedeutung verloren. Andererseits aber auch die inländische Schiffahrt keineswegs so ausgeartet, dass sie keiner Verbesserung und Erleichterung mehr fähig wäre. So lange sie den Verkehr sicher sich angeeignet hatte, war wenig Veranlassung zu Aenderungen vorhanden, die Concurrenz wird aber auch ohne Zweifel auf sie wohlthätig wirken, und hat dieses gewiss zum Theil schon gethan. England hatte diese Concurrenz den gewöhnlichen Erfolg. Eisenbahn-Gesellschaften stellten so niedrige Frachtsätze, dass der Güterverkehr von den Kanälen zum Theil herüberging. Die Kanal-Gesellschaften nahmen darauf ebenfalls niedrige Sätze an, und so überboten sich Beide und förd

Waaren und Producte, für so geringe Sätze, dass sie selbst einen Vortheil dabei hatten, vielmehr nur jeder dem andern schenkte. Das Publikum hat davon freilich den Gewinn gezogen, dass die Transporte übermässig wohlfeil wurden, aber es war anzusehn, dass die Sätze sich sogleich wieder erhöhen würden, sobald einer der beiden Concurrenten den Kampf aufzunehmen sich gezwungen sieht. Zum Theil haben die Gesellschaften schon ein andres Auskunftsmittel ergriffen, nämlich sich vereinigt, und dadurch sowohl der Eisenbahn, wie dem Kanale den Verkehr gesichert. Man darf sich unter diesen Verhältnissen wundern, dass nach einer Zusammenstellung, die am Schlusse des Jahres 1847 gemacht wurde, die Actien der Englischen Kanäle nahe auf die Hälfte des Werthes herabgegangen waren, wie vor der Anlage der Parallel-Bahnen hatten. Das Verhältniss zu ihrem ursprünglichen Werthe gestaltete sich aber dennoch weniger nachtheilig, und für einzelne dieser Kanäle sogar überaus günstig.

Wenn die Schifffahrt auf den deutschen Strömen, namentlich auf der Weser und Elbe seit der Anlage von Parallel-Bahnen in bedenklicher Weise abgenommen hat; so ist der Grund theils in dem Mangel an Seiten-Verbindungen, theils in andern noch sehr erschwerenden Schifffahrts-Hindernissen, ganz besonders aber in den Flussszöllen zu suchen. Die Eisenbahnen in Deutschland haben in der letzten Beziehung einen Vortheil genossen, der ganz unbekannt in andern Ländern, gewiss wesentlich zu ihrem Gedeihen beigetragen hat. Diese Flussszölle, welche für manche Staaten die Hauptquelle der Einnahme sind, deren Ertrag um so grösser und unentbehrlicher ist, je weniger für Verbesserung des Fahrwassers gesorgt wurde, sind so bedeutend, dass zum Theil schon das Frachtfuhrwerk auf gewöhnlichen Chausseen mit der Flussschifffahrt in Concurrenz tritt. So ist es nicht zu den Seltenheiten, dass Güter, die den Rhein aufkommen, bei St. Goar, Ober-Wesel und Bacharach ausgepackt werden, und von hier über die mit starken Steigungen verlaufene, also keineswegs leicht zu befahrende Chaussee nach Mainz gehen. Die Mehrkosten dieses Transportes werden aber nicht gedeckt, sondern bleiben sogar unter dem Betrage der Nassauischen und Hessischen Flussszölle, die hierbei umgangen werden, (Bagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

Man ist auch sehr in Versuchung, zu  
kehrswegen keineswegs von der Ans  
Eisenbahnen für den Güterverkehr d  
ten. Man würde, wenn man dies  
Pennsylvanischen Kanal auszuführen  
das Allegany-Gebirge durch eine F  
diese Eisenbahn auch in der Ebene  
bauen war, bis zu den Endpunkten  
ganz unterlassen haben. Eben so  
dass man in Amerika mehrfach  
und Eisenbahnen neben einander  
reich ist die Vollendung des M  
aufgegeben, obwohl die Paris  
lange Strecken unmittelbar da  
net ist.

Diese Thatsachen geben  
gestellte Frage, denn bei der  
bahnwesens ist ihr Verhältni  
dert, und Ansichten, die  
haben vielleicht bereits  
aber auch die inländischen  
dass sie keiner Verleumdung  
So lange sie den Verkehr  
lich wenig Veranlassung  
Concurrenz wird  
wirken, und in England hat  
Eisenbahn-Verkehr  
dass der Concurrenz  
gen wurde  
fallt nicht.

während der Preussische Zoll theilweise zurückgezahlt wird, die Güter am Preussischen Ufer den Strom verlassen. Sonach der Verkehr zwischen Hamburg und Magdeburg und so zwischen Bremen und Minden von der Elbe und Weser, die Parallel-Bahnen übergegangen ist, so beweist dieses nur, dass die Wasserfrachten mit Einschluss der Flusszölle höher sind als die Eisenbahnfrachten, aber keineswegs, dass die Beförderungskosten auf der Eisenbahn wohlfeiler sind, als auf den Flüssen.

Auf den Französischen Kanälen belaufen sich die Frachten-Förderungskosten auf 6 Zehnthelle eines Preussischen Pfennings für den Centner und die Meile, während die Kosten in Belgien sehr verschieden, grossentheils aber höher sind, unter der Voraussetzung, dass die Schiffe leer zurückgehn, wie in den Belgischen Kanälen die Fracht durchschnittlich 7 Zehnthelle eines Pfennings, und der Kanalzoll heinahe einen ganzen Pfennig. Auf unsern Flüssen, die innerhalb des Preussischen Gebietes grossentheils mit keinen Zöllen belastet sind, stellt sich unter ungünstigen Schiffahrts-Verhältnissen der Frachtsatz leicht über einen Pfennig heraus, und bleibt gemeinhin dabei. Dabei darf man freilich nicht unbeachtet lassen, dass die Schiffe niemals den kürzesten Weg verfolgen, und daher immer länger sind, als die an ihren Ufern erbauten Eisenbahnen. Man kann aber den Frachtsatz von  $1\frac{1}{2}$  Pfennig für den Centner und Meile als die Grenze des Eisenbahn-Tarifs annehmen, wenn die Concurrenz mit einer gut ausgebauten und nicht übermässige Zölle belasteten Wasserstrasse beabsichtigt wird, die die Eisenbahnen ohne eignen Schaden für diesen Frachtsatz wettbewerben können, ist sehr zweifelhaft. Er kommt allerdings den deutschen Bahnen vor, jedoch nur bei sogenannten *Leichtladungen*, d. h. solchen, die man annimmt, um die Güter nicht ganz leer zurückfahren zu lassen. Es liegt indessen kein Zweifel, dass für solche Ladungen auch der Schiffer viel geringere Frachtsätze stellen wird.

Die Bahnen in der Nähe von Berlin fördern sämmtliche Güter für bedeutend höhere Preise. Am wohlfeilsten geht dieses auf der Berlin-Hamburger Bahn, die wegen der geringen Steigungen und der Abwesenheit von scharfen Krümmungen allen um günstigsten situirt ist. Sie fördert indessen doch

den Satz von 3½ Pfennigen. Alle übrigen haben den Frachtpreis von ungefähr 6 Pfennigen auf den Centner und die Meile angenommen.

Ein näherer Vergleich zwischen Eisenbahnen und Kanälen erklärt dieses Verhältniss genügend. Wenn eine Eisenbahn in einem ebenen Terrain auch weniger Erdarbeiten, als ein Kanal thut, so stellt sich dennoch schon bei mässigen Unebenheiten das Entgegengesetzte heraus, indem der Kanal ohne Nachtheil sehr scharfe Krümmungen machen kann. In Gebirgsgegenden wird aus diesem Grunde vollends der Kanal vergleichungsweise viel wohlfeiler, wenn er auch mit einer grossen Anzahl von Schleusen versehen werden muss. Mit Rücksicht auf die Schienen, auf allen Zubehör, und den sonstigen Erfordernissen einer Eisenbahn, wobei besonders die Bahnhöfe einen sehr wichtigen Theil bilden, ist die Anlage einer solchen im Allgemeinen kostbarer, als die eines Kanales. In noch höherem Maasse gilt dies von der Unterhaltung, was gewiss keines nähern Beweises bedarf. Die Betriebskosten würden augenscheinlich auf der Eisenbahn sich viel bedeutender herausstellen, wenn man dieselbe in der Kraft, wie auf den Kanälen anwenden wollte. Ein Pferd zieht auf einem nicht zu engen Kanale ein Schiff mit 1000 Centner Ladung, auf der horizontalen Eisenbahn würden sechs Pferde erforderlich sein. Statt dieser Pferde benutzt man Locomotiven, die zwar weit grössere Lasten und mit grösserer Geschwindigkeit ziehen, die aber nach den bisherigen Erfahrungen, dennoch die Transportkosten eines Zuges für die Meile durchschnittlich etwa auf drei Thaler stellen. Wenn man nun auch annimmt, dass eine Locomotive durchschnittlich 2000 Centner Netto zieht, so der Transport der Ladung von 1000 Centnern, auf der Eisenbahn nur 14 Thaler kostet, so ist dieses doch unbedingt viel mehr, als ein Pferd kostet, das dieselbe Last eine Meile weit zieht. Der Unterschied zwischen den Kosten beider Beförderungs-Arten ist so gross, dass selbst unter Annahme wesentlicher Verbesserungen auf den Eisenbahnen, eine Gleichstellung nicht denkbar ist. In schiffbaren Strömen findet nahe dasselbe statt, wie bei Kanälen, die Transportkosten stellen sich auf diesen im Allgemeinen freilich niedriger, dafür ist aber gemeinhin kein Anlage-Capital zu verzinsen, und wenn dieses auch sein sollte, so ist es so geringe, dass es



nicht entfernt mit dem einer Eisenbahn verglichen werden. Die Regulirungen unserer Ströme haben mit Ausschlass des Rheins noch nicht 20,000 Thaler für die Meile gekostet, während es nur wenige Eisenbahnen giebt, von denen die Meile über 200,000 Thaler gekostet hat.

Noch ein anderer Umstand spricht bei Transporten von Gütern zum Vortheil der Kanäle und Ströme. Dieselben sind wirklich öffentliche Strassen, die ein Jeder mit Fahrzeugen, und so weit die polizeilichen Vorschriften dies statuten, ganz beliebig benutzen kann. Es steht dem Kaufmann frei, das Schiff neben den Speicher zu legen, und es dann aus diesem zu beladen, so dass bis zu dem Punkte, wo die Güter hinsendet, keine Umladung erforderlich wird. Auf dem Schiff kann dabei, soweit die Verbindung sich ausdehnt, die Wasserstrasse in die andre übergehen. Auf Eisenbahnen ist die Güterversendung in ganz andrer Art; die Direction der Eisenbahngesellschaft verwaltet nicht nur den Weg, sondern sie ist auch Fuhrherr und Spediteur. Sie kann nur an bestimmten, sehr hältnissmässig an sehr wenig Punkten Güter annehmen lassen, und wenn in neuerer Zeit auch durch die neue Verbindung der verschiedenen Bahnen dafür gesorgt ist, dass beladenen Güterwagen von der einen zu andern übergehen, in der Zurücksendung der Wagen, die andern Gesellschaften gehören, sehr häufig eine grosse Verzögerung eintritt, und dieselben auf fremden Bahnhöfen unbenutzt stehen, verursacht Mangel an Wagen auf der Bahn, wohin sie gehören, oft Verlegenheit.

Andersseits haben die Eisenbahnen vor den Kanälen und Flüssen den wesentlichen Vorzug, dass die Förderung schneller und regelmässiger, als auf letztern, ist, ohne Unterbrechungen, wie auf diesen im Winter und im Sommer wegen Eis und Hochwasser, auch wohl im Sommer wegen Wassermangel eintreten, kommen dort nicht vor. Daher in allen Fällen, wo eine Concurrenz eintritt, diejenigen Güter schnell befördert werden sollen, sogleich auf die Eisenbahn. Diese sind zwar die werthvolleren, die den Aufschlag ohne Nachtheil tragen können, ihrer Masse nach sind von weniger Bedeutung, als die rohen Producte.



rückt in Englischen Meilen in einer Stunde) den entsprechenden Zug in Pfunden, folgendermaassen:

Geschwindigkeit	Zug.
2,211 Meilen	23,5 $\frac{1}{2}$
3,614 -	46,5 -
8,766 -	180,85 -
11,077 -	294,12 -

Man bemerkt leicht, dass die letzten Zahlen nicht den ersten entsprechen, wäre dieses der Fall, so hätte die Grösse des Zuges für die verschiedenen Geschwindigkeiten gleich 23,5 — 62,7 — 370,1 und 587,5 Pfund finden müssen. Bei Benutzung kleinerer Modelle und Einführung sehr hoher Geschwindigkeiten ist man sogar zu Resultaten gekommen, die nicht unwahrscheinlich machen, dass bei einer gewissen Geschwindigkeit der Zug sein Maximum erreicht, und dann abnimmt, so bald die Geschwindigkeit noch weiter gesteigert wird. Ohne Zweifel rührt dieses, so wie auch die Verminderung des Zuges davon her, dass das Wasser nicht momentan aus dem Boot kann, und sonach das Boot weniger tief eintaucht, als wenn es still steht, oder sich sehr langsam bewegt. Beim Vorrücken des Bootes erfährt nämlich das von demselben getroffene Wasser, einen Druck, und die nächste Wirkung davon ist die Erhebung des Wassers, oder es entsteht eine Welle, die bei einer einiger Geschwindigkeit bewegten Schiffen an deren vorderen Enden sich bildet. Bei sehr grosser Geschwindigkeit muss der Widerstand gegen das Wasser verstärkt werden, damit es schnell genug weichen kann. Diese Verstärkung bildet sich aber von selbst, das Schiff hebt sich, also stärker drückt. Auf diese Art stellt sich für jede Geschwindigkeit ein Gleichgewicht zwischen dem Widerstand des Schiffes und dem Widerstande ein, den das Wasser der Bewegung entgegensetzt. Je grösser der letztere ist, desto höher hebt sich das Schiff, oder taucht um so weniger tief ein, und so geschieht es, dass der Widerstand des Wassers, welcher der horizontalen Fortbewegung des Schiffes entgegentritt, bei grosser Schnelligkeit einen geringeren Querschnitt trifft, und daher

\*) *On the resistance of water to the passage of boats in canals*, by J. Mucnell. London 1833.

demässig geringer, als bei langsamer Bewegung ist. Der Zustand ist indessen noch keineswegs vollständig aufgeklärt. Es wäre noch zu erwähnen, dass man bemerkt haben will, dass Widerstand auf engeren Kanälen in diesem Falle geringer, auf breiteren ist.

Diese Eilböte sind sehr lang und schmal, ihre Länge beträgt 70 Fuss und ihre Breite  $5\frac{1}{2}$  Fuss. Sie nehmen etwa 60 Pferde auf und werden in kurzen Relais gewöhnlich von dreien gezogen, die ununterbrochen im gestreckten Galopp eilen werden. Die Zugleine ist aber an einem besonders einseitigen Haken befestigt, der durch einen schwachen Druck umgeworfen werden kann. Diese Vorsicht ist nothwendig, um das Boot beim Umschlagen zu sichern, falls der Zug eine schräge Richtung annehmen, also entweder das Gespann seitwärts ausweichen, das Boot quer über den Kanal scheitern sollte.

Dampfböte kommen auf Kanälen nicht leicht vor, weil Wellenschlag, den sie verursachen, die Ufer zu sehr beschä-

Auch bei Schraubenschiffen scheint dieser Wellenschlag so stark und schädlich zu sein, falls sie sich mit grosser Schnelligkeit bewegen. Er ist dagegen bei langsamen Fahrten von Bedeutung, und deshalb werden in neuerer Zeit bei Frachtausporten zuweilen auch Dampfschiffe auf den Kanälen benützt, die mit Schrauben versehen, sich mit der Geschwindigkeit von etwa einer deutschen Meile in der Stunde bewegen.

### §. 118.

#### Allgemeine Anordnung der Kanäle.

Um auf die verschiedenen Gegenstände aufmerksam zu machen, welche bei Kanal-Anlagen zu berücksichtigen oder zur Ausführung zu bringen sind, dürfte es angemessen sein, einen Kanal speciell zu beschreiben. Ich wähle hierzu den Rhein-Kanal, einen der grössten und wichtigsten Frankreichs, bei dem nicht nur die Terrain-Schwierigkeiten der Beziehung sehr bedeutend waren, sondern zur Ueberwindung derselben auch alle Mittel in Anwendung gebracht wurden, die heutiges Tages die Wissenschaft und Technik bietet. Im Jahre 1846 hatte ich Gelegenheit, diesen Kanal speciell kennen

zu lernen, und den grössten Theil der Arbeiten zu sehen, damals gerade wieder in lobhaftem Betrieb gesetzt wurden, dem hat die Ausführung zwar manche Störungen und Unterbrechungen erlitten, doch ist der Kanal theilweise eröffnet und endlich wird er bald vollständig beendigt werden.

Im Jahre 1827 liess eine Actien-Gesellschaft ein Projekt zur Verbindung der Marne mit dem Rhein durch den Ingenieur aufstellen. Dasselbe ist jedoch später wesentlich geändert und vom Ober-Ingenieur des Meurthe-Departements J. J. in der Weise bearbeitet, wie es gegenwärtig zur Ausführung kommt. Die Regierung selbst übernahm auf eigene Kosten den Bau und die Kammern bewilligten 1838 dafür die Summe von 45 Millionen Franks, nämlich 5 Millionen mehr, als die ursprüngliche Summe betrug, weil man dadurch die möglichen Ueberschüsse zu decken hoffte. 1839 begann die Ausführung und die bewilligte Summe wurde in den nächsten Jahren verausgabt, dass der Kanal auch nur theilweise fertig geworden war. Die Aufmerksamkeit wurde nach und nach von ihm abgezogen, in damaliger Zeit das Interesse für Eisenbahn-Anlagen andere verdrängte. Dazu kam noch, dass die Pariser-Strassenbahn, die mit diesem Kanale in Concurrenz tritt, zum Theil gar unmittelbar daneben liegt, in jener Zeit vorbereitet wurde. Nichts desto weniger wollte man den sehr kostbaren Aufbau des Kanalbaues doch nicht ganz unbenutzt liegen lassen, und zu diesem Zwecke bewilligten die Kammern 1844 wieder 7 Millionen Franks. Auch diese waren bald verausgabt, ohne dass man, wie man erwartet hatte, der Kanal von der Marne bis zur Mosel fertig wurde, wodurch wenigstens die schiffbare Verbindung der Mosel dargestellt wäre. Trotz dieser sehr bedeutenden Ausgaben wurde dennoch das Interesse für den Kanal nicht ganz erloschen, Neue angeregt, und im Jahre 1846 bewilligten die Kammern nochmals 40 Millionen. Man hoffte, mit dieser Summe den Kanal vollständig fertig zu stellen. Damals waren die sämmtlichen Werke zwischen der Marne und Nancy in der Hauptsache beendet, auch die Erdarbeiten ausgeführt. Von Nancy bis zur Wasserscheide des Rheins waren die Arbeiten gleichfalls vorgeschritten und namentlich die unterirdische Kanalarbeit in der Nähe ihrer Vollendung nahe. Von hier bis zur Saône



Da die Kanalarbeiten sehr ausgedehnt und wegen des Felsstoffs sehr kostbar sind, auch die Schleusen einander sehr nahe liegen, war noch nichts geschehn. In der letzten Strecke endlich zwischen Saveru und Strassburg mochte die Anlage etwa zur Hälfte fertig sein.

Der Verkehr auf dem Marne-Rhein-Kanale wird sich vorwiegend auf rohe Producte beschränken, die keine hohen Frachtkosten ertragen und sonach auch nicht auf die Eisenbahn übergehn können. In Verbindung mit dem nach der Preussischen Grenze führenden Saar-Kanale wird er besonders zum Kohlentransport dienen. Ausserdem rechnet man auf Getreide-, Holz- und Steintransporten. Endlich aber wird sich wahrscheinlich wegen seiner Verbindung mit so wichtigen Stromgebieten auch ein bedeutender abgehender Verkehr auf ihm bilden.

Die commerciellen Rücksichten sind es indessen weniger, die ein grosses Interesse geben, als die eigenthümlichen Localverhältnisse, unter denen er erbaut worden musste. Seine Länge beträgt 42 deutschen Meilen, so wie die 180 Schleusen, die in ihm liegen, stellen ihn schon in die Reihe der grössten Kanäle. Er ist interessanter, und beinahe ohne Beispiel erscheint er aber, wenn er nicht zwei einander begrenzende Stromgebiete verbindet, sondern auf seinem Wege noch drei andre grosse Stromgebiete, nämlich das der Maas, der Mosel und der Saar durchschneidet, und diese drei Ströme, besonders die ersten beiden, mit imposanten Brücken-Kanälen überschreitet.

Diese Verhältnisse machten es unmöglich, den Kanal, wie es allgemein geschieht, mit einer einzigen Scheitelstrecke zu versehen, und ihn von dieser aus nach beiden Seiten abfallen zu lassen. Er hat wirklich zwei Scheitelstrecken erhalten. Die erste liegt zwischen den Städten Ligny und Void, oder zwischen der Ornain, einem Hauptzuflusse der Marne, und der Maas. Hier senkt sich der Kanal nach einer tief liegenden Mittelstrecke von grosser Länge, die sich im Thale der Meurthe bei Nancy vorbeizieht. Am östlichen Ende derselben steigt er wieder an und ist zwischen Französisch Saarburg und Pfalzburg, zwischen der Mosel und Zorn, einem Zuflusse des Rheins, mit einer zweiten Scheitelstrecke versehen. Die erste Scheitelstrecke

wird durch die Ornain, die zweite durch die Quellen der Saône gespeist. Beide liegen mehr, als 800 Fuss über dem Meeresspiegel, und befinden sich in wilden Berggegenden. Namentlich ist dieses bei der östlichen in hohem Grade der Fall. Hierdurch wurde die Ausführung übermässig erschwert. Auf lange Strecken musste der Kanal unterirdisch gelegt, und in den engen, verschroffen Felswänden eingeschlossenen Thälern herabgeführt werden.

Nach dieser allgemeinen Andeutung der Verhältnisse gehen wir auf die specielle Beschreibung des Kanalzuges über, und werden später über die Anordnung der verschiedenen, hier namentlich machenden Bauwerke und Ausführungen einige nähere Mittheilungen geben.

Der Kanal beginnt bei Conyvat, eine halbe Stunde oberhalb Vitry-le-Français an der Marne. Die Marne ist aber hier nicht schiffbar, daher ist auf deren östlichem, oder rechten Ufer ein Seitenkanal bei Châlons vorbei bis Epernay gezogen. Dieser Seitenkanal, 9 deutsche Meilen lang, ist 1837 begonnen, und 1846 beendet und bereits eröffnet. Von Epernay ab ist die Marne schiffbar, doch hat sie im Sommer nicht die Wassertiefe der Kanäle.

Mit dem erwähnten Seitenkanale steht der Marnes-Rhein-Kanal unterhalb der Einmündung des Saulx in unmittelbarer Verbindung. Er steigt sogleich in einigen Schleusen so hoch an, dass er in einem Brücken-Kanale über die Saulx geführt werden kann, und verfolgt alsdann das Thal desselben und später das der Ornain bei Bar le Duc und Ligny vorbei bis zum De la Demange aux Baux. Dieser Theil des Kanales bildet den ersten westlichen Abhang. Seine Länge beträgt nahe 12 Meilen und er steigt in 73 Schleusen 594,6 Fuss an. Siebenmal überschreitet er auf Brücken-Kanälen mehrere Flüsse und Bäche. Unter diesen ist die Saulx die bedeutendste. Der über sie gespannte Brücken-Kanal hat eine lichte Weite von 137 Fuss. Die Ornain wird bei Bar le Duc zweimal, und oberhalb Ligny noch drittenmale überschritten. Die andern drei Brücken-Kanäle sind weniger erheblich. Ausserdem kommen hier vierzig Durchlässe von Gräben und kleineren Bächen vor, deren lichte Weite 3 bis 10 Fuss misst. Zwölffmal werden Bäche und kleinere Flüsse in den Kanal geleitet, die Ornain selbst speist ihn wiederholentlich.

wenigstens in den untern Kanalstrecken eine überreiche  
 ung zu erwarten ist. Die Anzahl der Kanal-Häfen beträgt  
 und sie sind ziemlich gleichmässig über die ganze Länge  
 n, vorzugsweise befinden sie sich an solchen Stellen, wo  
 sammlung von Fahrzeugen erwartet wird.

berhalb der 73. Schleuse beginnt die erste Scheitel-  
 ke, sie verbindet das Thal der Ornain mit dem der Me-  
 sie zum Gebiete der Maas gehört. Die Länge dieser Strecke  
 1½ Meilen, und sie liegt 888,3 Fuss über dem Spiegel  
 edsee. Der Kanal ist hier auf 15,600 Fuss, oder nahe  
 uel Meilen lang unterirdisch geführt, der Bergrücken er-  
 oh 280 Fuss darüber. Diese unterirdische Strecke wird  
 an daneben liegenden Dorfe Mauvage benannt. Die Schei-  
 ke erhält das Speisewasser aus der Ornain, die ihre Quel-  
 einem Raume von 8 bis 9 Quadratmeilen sammelt. Aus-  
 igen Brücken kommen andre Bauwerke hier nicht vor.

erste östliche Abhang ist 7½ Meilen lang. Er  
 am Ende der vorerwähnten Scheitelstrecke im Thale der  
 , und verfolgt dieses bis Void, worauf er in das Thal  
 as tritt. Auf einem Brücken-Kanale von 306 Fuss lichter  
 überschreitet er die Maas und zieht sich an deren rechtem  
 e Pagny hin. Hier verlässt er dieses Thal, verfolgt ein  
 Seitenthal, und tritt unter einem hohen Bergrücken durch  
 irdische Strecke bei Foug von 2760 Fuss Länge in das  
 eines Bachs, der Ingressin genannt, den er bis zur  
 bei Toul verfolgt. Er bleibt von hier am linken Ufer der  
 as Liverdun. Dasselbst tritt der hohe Bergrücken, auf dem  
 utschen liegt, so scharf an den Rand der Mosel, dass eine  
 hrung des Kanales, wenn man auch die hier befindlichen  
 Anlagen entfernt hätte, sehr schwierig gewesen wäre.  
 al ist sonach unter dem Bergrücken und beinahe senk-  
 nter dem Städtchen Liverdun wieder auf 1236 Fuss un-  
 h geführt. Gleich dahinter überschreitet er als Brücken-  
 die Mosel und indem er daneben noch in einer Schleuse  
 das Niveau der folgenden langen Strecke herabsenkt,  
 er hier den Endpunkt des ersten östlichen Abhanges.

diesem Theile befinden sich 30 Schleusen, deren ganzes  
 263,6 Fuss beträgt. Sie sind indessen sehr ungleich-

mässig vertheilt. Zwölf Schleusen liegen im Thale der Mosel oberhalb Void, die folgende Strecke, die sich neben der Mosel bis zum Souterrain bei Foug hinzieht, ist auf 2½ Meilen kurz gehalten. Das Gefälle der Maas ist sogar demjenigen entgegengesetzt, welches der Kanal in diesem Theile im Allgemeinen hat. Weiterhin bis zum Thale der Mosel liegen nahe hintereinander 15 Schleusen, und die drei letzten sind auf 2½ Meilen vertheilt.

Der Brücken-Kanal bei Liverdun über die Mosel hat 11 Oeffnungen von 41½ Fuss Spannung. Die Weite des Brücken-Kanales über die Maas bei Trousey beträgt 305 Fuss, die des dritten über den Jaillon, etwa 2 Meilen unterhalb Trousey, 275 Fuss. Ausserdem liegen in diesem Theile 31 Durchlässe, die von 1½ bis 7 Fuss weit sind.

Eine Speisung des Kanales findet hier nur an einer Stelle nämlich bei Void statt, woselbst die Bäche Vacou und Moselle hineingeleitet sind. Die Anzahl der Kanalhäfen beträgt vier.

Der nächste Theil des Kanales ist eine Strecke von 24 Meilen Länge, die zwischen der westlichen und östlichen Abdachung der Mosel liegt. Sie ist aber keine Scheitelstrecke, vielmehr bildet sie die tiefste Senkung zwischen den zu beiden Seiten ansteigenden Ufern. Sie liegt 622,7 Fuss über dem Meeresspiegel und zieht sich von Liverdun bis hinter Nancy am linken Ufer der Meurthe hin.

Ein Seitenkanal, der mit 2 Schleusen versehen ist, verbindet diese Strecke mit der Mosel und zwar nahe oberhalb der Mündung der Meurthe. Von hier ab ist die Mosel so eng, dass kleine Fahrzeuge gehen freilich auch die Meurthe bis Nancy auf, und man hatte sogar die Dampfschiffahrt einst bis hier fortgesetzt, doch fanden sich dabei so grosse Schwierigkeiten, dass man diesen Versuch bald aufgeben musste.

Die Bauwerke in dieser Strecke bestehen zunächst aus Durchlässen, die zum Theil so eingerichtet sind, dass das Wasser der eintretenden Bäche auf der obern Seite so hoch gespannt werden kann, dass es in den Kanal tritt, während auf der Thalseite Grundablässe in der Höhe der Kanalsohle angebracht sind, durch die es wieder abgelassen werden kann. Man hat diese Einrichtung gewählt, um den reichen Zufluss der Bäche zur Spülung des Kanales benutzen zu können. Es



ob dieses Mittel wirklich den beabsichtigten Erfolg haben, die Vertiefung durch Baggern entbehrlich machen wird. Gewöhnlich fliessen die Bäche in diesen Durchlässen unter dem Kanalfort, ohne in ihn hineinzutreten, während das durch die Dämme aus den beiden anschliessenden Kanaltheilen ihm zufließende Wasser durch Seitenüberfälle entfernt wird, und in die Mosel stürzt. Vier Kanalhäfen befinden sich in der Nähe von Nancy.

Der Kanalbrücken ist bisher keine Erwähnung geschehen, Nancy sind dieselben indessen wegen ihrer grossen Anzahl und Verschiedenartigkeit wichtig. Man sieht hier hölzerne, massive und gusseiserne Bogenbrücken, letztere nach dem Systeme Polonceau, ausserdem mehrere Hängebrücken mit Drahtseilen in dem Haupt-Strassenzuge von Nancy nach Sarguemines eine Drehbrücke. Die Anlage einer solchen war hier nothwendig, weil die Brücke nicht so hoch gelegt werden konnte, dass Schiffe mit höhern Ladungen darunter hinlänglichen Raum hätten.

Etwa eine halbe Meile östlich von Nancy beginnt der zweite nach rechts gekehrte Abhang des Kanales. Er steigt im Thal der Meurthe an, geht vor St. Nicolas auf einem Brückenwerke vom linken auf das rechte Ufer der Meurthe, tritt alsdann in das Thal des Sanon und verfolgt dieses bis zu seinen Quellen im Walde Rechicourt in den Vogesen. Die letzte Schleuse liegt nicht weit von dem zum Gebiete der Saar gehörigen See von Gondrexange. Die Länge dieses Kanaltheiles misst etwas mehr als 7 Meilen, sein Gefälle von 220,3 Fuss ist auf 26 Schleusen vertheilt.

Ausser dem Brückenkanale über die Meurthe kommen hier noch 67 Durchlässe vor, von denen einige 10 bis 15 Fuss weit sind.

Sie haben zum Theil dieselbe Einrichtung, die bereits bei der vorigen Kanal-Abtheilung beschrieben ist. Die oberen Strecken sind jedoch allein auf den Zufluss beschränkt, den die folgende Unterstrecke liefert. Die Anzahl der Häfen beträgt achtzehn.

Die nun folgende zweite Schrittelstrecke des Kanales verläuft beinahe ganz im Flussgebiete der Saar, und wird durch dessen Quellen gespeist. Die flache Wasserscheide zwischen den Gebieten der Mosel und Saar liegt im Walde von Rechicourt. Der



Kanal durchschneidet sie neben dem See von Gondrexange, er seiner ganzen Länge nach auf nahe 3 Meilen verfolgt, der See ist bei einer Oberfläche von 1862 Morgen so, dass er an den Stellen, wo er das Kanalbette bilden soll, theils noch vertieft werden muss. Das Wasser wird wüthig auch nur durch das Stauwerk bei Hewing im See gehalten. Bisher blieb der See abwechselnd zwei Jahre leert, gefüllt, und wurde alsdann, namentlich im zweiten Jahre zur Benutzung. Am Schlusse desselben liess man ihn aber ab, jedem dritten Jahre baute man darauf Getreide. Diese Hemmung hat nunmehr aufgehört, und der See bildet das Speisewasser des Kanales. Zu diesem Zwecke wird letzterer auf beiden Seiten mit Dämmen eingeschlossen, so dass der äussere Wasserstand der des Sees sich zur Zeit der starken Zuflüsse bis über den Spiegel des Kanales erheben kann. Die darin gesammelte Wassermenge dient später zur Speisung des Kanals.

Bei Gondrexange tritt der Kanal aus dem See und folgt dem natürlichen Abfluss desselben auf dessen rechtem Ufer zur Saar, nahe eine Meile oberhalb Französisch Saarlautern. Bei dem Dorfe Hesse tritt der Haupt-Speisegraben von der Saar ein. Dieser beginnt an der Weissen Saar, zieht sich über eine vorspringende Anhöhe herum und durchschneidet die Roden, so dass er das Wasser beider aufnimmt, und dem Kanale speist. In beiden Armen der Saar werden aber Durchlass-Wehre, um nach Umständen entweder die Saar selbst, oder den Kanal zu speisen. Hierdurch ist auch die wichtige Holz-Flösserei auf dem Flusse gesichert. Die Saar fliesst, nachdem ihre beiden Arme sich vereinigt haben, unter dem Kanale hindurch, der an einer Brücke darüber geführt ist.

Durch den sehr unebenen Felsboden, der aus Keuper und Muschelkalk besteht, und oft in grosser Höhe mit Geröll bedeckt ist, zieht sich der Kanal in östlicher Richtung fort. Nachdem er noch die Bièvre, einen kleinen Nebenfluss der Saar, überschritten hat, tritt er an den Fuss des Bergkammes, der die Wasserscheide zwischen Saar und Rhein bildet. Er ist hier durchschneidet, und wird durch einen Tunnel hindurchgeführt, und sobald er wieder an die Oberfläche kommt, beginnt der steile östliche Abhang des Kanals in die Rheinhöhle.

Die unterirdische Strecke, nach dem daneben liegenden Dorfe Schweiler benannt, besteht aus zwei Theilen, indem eine offene Kanalstrecke von 214 Ruthen Länge in einem 60 Fuss tiefen Einschnitte dazwischen liegt. Das erste oder westliche Souterrain ist nur 126 Ruthen, dagegen das östliche 609 Ruthen, oder beinahe ein Drittel Meile lang. Ueber den letztern erhebt sich der Vordrücken noch 220 Fuss hoch.

Die ganze Länge dieser Scheitelstrecke misst nahe 4 Meilen, sie liegt 843,0 Fuss über dem Meeresspiegel. Es kommen in drei Brückenkanäle vor. Zunächst einer über den Bach auf-Moulins ohnfern Heming. Derselbe ist im Lichten 19 Fuss breit. Ein zweiter führt über die Saar und hat 3 Durchflussschnitten von 19,1 Fuss Weite. Ausserdem befinden sich darin noch zwei höher gelegene Oeffnungen, die als Fahrwege benutzt werden. Die Gesamtweite der fünf Oeffnungen beträgt 83 Fuss. Der dritte Brückenkanal über den Bièvre ist 29 Fuss weit. Die Anzahl der Durchlässe beträgt drei und zwanzig.

Von der Speisung dieser Kanalstrecke ist bereits die Rede gewesen. Sie erfolgt durch die Saar und mehrere Zuflüsse derselben, namentlich diejenigen, die sich in den See von Gondrexange ergiessen. Ausserdem ist der Wesbach, nahe oberhalb seines Mündens in den Bièvre, in den Kanal geleitet. Hierdurch kann die ganze Wassermenge des Bièvre zur Speisung des Kanales benutzt werden. Auch die beiden kleinen Bäche, der Barenbach, der noch zum Flussgebiete der Saar gehört, und der Teigelbach, der schon nach der Zorn, also nach dem Rheine fliesst, werden vor und hinter der unterirdischen Strecke in den Kanal geleitet.

Die beiden Arme der Saar führen an den Stellen, wo sie eingefangen werden, nur das Wasser zu, welches auf einem Raume von 5 Quadratmeilen sich ansammelt; man muss sonach zweifeln, ob die Speisung hinreichend gesichert ist. Man hatte freilich die Wassermenge nach directen Messungen gleich 30 Cubikfuss der Secunde gefunden, und zwar zur Zeit der Dürre, doch waren auch die ausführenden Ingenieure von der Zulänglichkeit der Speisung keineswegs vollständig überzeugt. Der See von Gondrexange ist aber als Speisebassin nicht besonders wichtig, er schon nach den bisherigen Erfahrungen sich nur im Früh-

jabro füllt, seine Quellen während des Sommers abzuversiegen, und er sonach bis zum Herbste wahrscheinlich zur Speisung wird benutzt werden können. Man hat aus Gründen bereits die Zuleitung der Zorn und der Vizorra Scheitelstrecke in Aussicht genommen. Dieses würde indess Anlage sehr langer Speisekanäle und zwar in sehr schlechtem Terrain erfordern, und dennoch keinen bedeutenden Erfolg, indem beide Bäche in einer Höhe abgefangen werden müßten, die sie zur Zeit der Dürre nur wenig Wasser führen. In der Scheitelstrecke sind vier Kanalhäfen angelegt.

Der letzte Theil des Kanales, nämlich der zweite Abhang, beginnt nahe hinter dem Souterrain von Arnheim und erstreckt sich bis zum III-Kanale bei Strassburg. Er verläuft sich anfangs in einem engen, sehr gekrümmten und von hohen Felswänden eingeschlossnen Thale nach der Zorn hin. Hier ist in der Länge von etwas über einer halben Meile 18 Schleusen hintereinander, deren Gefälle im Ganzen 147 Fuss beträgt. Das Thale der Zorn, welches der Kanal später verfolgt, verläuft sich die einzelnen Strecken zwischen den Schleusen, und liegen in grossen Entfernungen von einander, sobald das Gebirge verlassen hat. Oberhalb Savern geht er über einem Brückenkanale über die Zorn, von dem linken auf das rechte Ufer dieses Flusses. Bei Brumath tritt er in die Ebene des Rheinthalcs, und zieht sich am Fusse des Abhanges nach Strassburg hin. Er mündet aber nicht unmittelbar in den Rhein, vielmehr, etwa ein Drittel Meile unterhalb Strassburg in den III-Kanal. Letzterer stellt die Verbindung zwischen der Ill und dem Rhein dar, und hat so grosse Dimensionen, dass er auch von Dampfschiffen befahren wird.

Die Länge des zweiten östlichen Abhanges beträgt 8 Meilen, und das Gefälle 419,6 Fuss. Dasselbe ist in 10 Schleusen vertheilt. Es kommen in dieser Abtheilung noch zwei Brückenkanäle vor, der eine führt über die Zorn und der andere über den Mosselbach, einen Seitenzufluss der Zorn. Die Anzahl der Durchlässe, durch welche mitunter bedeutende Bäche und Flüsse fortgeführt werden, beträgt sechs und sechzig. In den obern Kanalstrecken wegen der gegenseitigen Nähe der Schleusen sehr kurz sind, so mussten sie schon, um den Wasserbe-

o der Schleusen nicht zu sehr zu vergrössern (wie später werden wird), erweitert werden. Aus diesem Grunde bilden an sich Kanalhäfen. Dagegen sind in den untern noch neun besondere Kanalhäfen eingerichtet \*).

leichtern Uebersicht folgt hier noch die Zusammenstellung von Längen und Höhen der einzelnen Abtheilungen.

	Länge in Ruthen.	Höhe über dem Meere in Fussen.	Steigen.	Fallen.	Anzahl der Schleusen.
des Kanales . .	—	293,7	—	—	—
licher Abhang	23460	—	594,6	—	73
mittelstrecke .	2480	888,3	—	—	—
licher Abhang	14565	—	—	263,6	30
ischenstrecke	4710	622,7	—	—	—
estl. Abhang .	14820	—	220,3	—	26
heitelstrecke .	7825	843,0	—	—	—
stlich. Abhang	15780	—	—	419,6	51
im Ill-Kanale	—	423,4	—	—	—
Summe	83640	—	814,9	685,2	180

Kanal ist daher im Ganzen nahe 42 Meilen lang; in der von Westen nach Osten steigt er 814,9 Fuss, und fällt ab. Sein ganzes Gefälle beträgt daher 1500,1 Fuss und ist auf 180 Schleusen vertheilt. Das Gefälle der einzelnen ist durchschnittlich sehr nahe 8½ Fuss.

Profil des Kanales war augenscheinlich durch die der Schiffe bedingt, die den Kanal befahren sollen. In ihm sind die Schiffe, welche auf den verschiedenen Strömen fließen benutzt werden, fast eben so abweichend in ihrer Form, wie in Deutschland. Erst seit dem Jahre 1822 hat man sich bemüht, eine gewisse Uebereinstimmung derselben herzustellen, und angenommen, dass diejenigen Flussschiffe, mit denen die grosse Schifffahrt betrieben wird, 102 Fuss lang, 12 Fuss breit seien, und 4 Fuss 10 Zoll Tiefgang haben.

den Verhandlungen des Gewerbe-Vereins für Preussen 1847 über die Charte und das Längenprofil des ganzen Kanales mit-

Bei angemessener Gestaltung laden sie 3500 Centner. Indem der Marne-Rhein-Kanal für die grosse Schifffahrt bestimmt ist, hat er eine Sohlenbreite von 10 Meter oder nahe 32 Fuss erhalten; der Wasserstand ist zu 1,6 Meter oder 5 Fuss angenommen. Die Dossirungen haben im Allgemeinen eine einfache Anlage; daher beträgt die Breite des Kanales im Wasser 47 Fuss 3 Zoll und der Flächeninhalt des Profils 202 Quadrat Fuss, oder nahe das Dreifache vom Profile des eingetauchten Theiles eines beladenen Schiffes.

In der Höhe des Wasserspiegels befindet sich an jeder Seite eine Berme, oder ein Banket von  $\frac{1}{2}$  Meter oder 1 Fuss Breite, das zum Auffangen der herabfallenden Erde dient. Außerdem ist der Kanal an beiden Seiten mit Leinpfaden versehen, damit die Schiffe ohne gegenseitige Störung in beiden Richtungen durch Pferde gezogen werden können. Die Leinpfade sind 0,7 Meter, oder 2 Fuss 3 Zoll über dem Wasserspiegel, an den Böschungen, die sie mit den Bermen verbinden, haben sie die  $1\frac{1}{2}$ -fachen Anlagen. Die Breite des Leinpfades misst, wenn der Kanal im Auftrage liegt, 3,5 Meter oder 11 Fuss 2 Zoll; im Abtrage dagegen nur 2,5 Meter oder 8 Fuss. Gewöhnlich zieht sich der Kanal längs einer Anhöhe hin, und alsdann liegt der Leinpfad an der Bergseite die geringere, und an der Thalseite die grössere Breite. An der äussern Seite der Leinpfade liegt der Graben, oder an der Bergseite, befindet sich jedesmal ein Graben, der gemeinhin 5 Fuss breit und 1 Fuss 3 Zoll tief ist. In diesem Graben ist der Boden mit einfacher Anlage abgedeckt, wogegen die äussern Böschungen der angeschütteten Leinpfade wieder die  $1\frac{1}{2}$ -fache Anlage erhalten haben. Bei dem meistens grossentheils kiesigen Boden, durch welchen der Kanal geführt wird, scheinen diese Böschungen auch zu genügen. Fig. 366 Taf. I zeigt das Profil des Kanales.

Zur Vermeidung der Filtration hat man überall, wo solche zu besorgen war, den Fuss der Dossirungen, auch die Sohle mit fettem Thon bekleidet. Man hoffte aber im Allgemeinen den Kanal noch durch Einleiten von trübem Wasser zu dichten. Jedenfalls ist man bei der ganzen Anlage in dieser Beziehung vorsichtig zu Werke gegangen, insofern der Kanal durch das umgebende Terrain beinahe durchweg ziemlich tief gehalten



Die ist aber auch auf der Kanalsohle eine Béton-Bettung, wenn die Beschaffenheit des Untergrundes besonders hart war.

Unterirdischen Kanalstrecken oder Souterrains Beschreibung des Kanalzuges bereits mit Angabe der einzelnen erwähnt. Sie befinden sich sämmtlich im harten Felsboden, und zwar theils im Sandsteine, theils in Viewohl in beiden Fällen das Gestein so fest war, dass die Ausgrabung nur durch Sprengen mit Pulver erfolgen konnte, dennoch der Zusammenhang desselben beim Zutritt der Luft gelockert, dass die Decke fast überall durch ein vollständiges Gewölbe, oder wenigstens durch einzelne hindurchgehende Pfeiler unterstützt werden musste.

In den unterirdischen Strecken hat man die Dimensionen des Kanals und der Leinpfade möglichst beschränkt, um die Kosten der Ausgrabungsarbeiten, sowie die Ueberwölbungen nicht zu sehr zu erhöhen zu dürfen. Die Sohlenbreite des Kanales misst daher 19½ Fuss. Die Seitenwände sind etwas geböschet, so dass die Weite in der Höhe des Wasserspiegels 20 Fuss 10 Zoll beträgt. Der Wasserstand ist auch hier 5 Fuss 1 Zoll, und die Wände, die 1½ Fuss überkragt sind, liegen 9 Fuss 7 Zoll über der Kanalsohle. Der gegenseitige Abstand der äussern Ränder der Leinpfade misst 17 Fuss 10 Zoll. Sie sind nur 3 Fuss breit. Ueber den Leinpfaden sind die Wände 1 Fuss hoch lothrecht gehalten. Von hier ab gehen sie in eine Kuppel über, die mit dem Radius von 12 Fuss 9 Zoll bestimmt ist, und den Kanal mit den Leinpfaden überdeckt. Die totale Höhe von der Sohle bis zum Scheitel des Gewölbes beträgt 11 Fuss 11 Zoll. Das Gewölbe ist 3 Fuss 2 Zoll stark.

Die Leinpfade in den unterirdischen Strecken bestehen aus Stein, oder sind wenigstens mit solchen eingefasst. In dem Souterrain bei Liverdun hat man auf dem äussern Ufer noch ein kleines eisernes Geländer von 1 Fuss Höhe aufgestellt, wodurch indessen wohl keineswegs eine grössere Sicherheit für die hindurchgehenden Pferde und Treiber erreicht wird. Wahrscheinlich dürfte das Passiren des Leinpfades in der Strecke weiter noch dadurch werden, dass die hier angewendeten

Deckplatten aus Kalkstein durch das ununterbrochen besiegende Bergwasser überaus schlüpfrig werden.

Das zuletzt erwähnte Souterrain war, wenn auch noch ganz beendigt, doch in der Hauptsache bereits fertig, und benutzte es zur Ausführung des Eisenbahn-Souterrains, mittelbar daneben erbaut wurde. Der offene Einschnitt in den beiden Kanal-Souterrains bot schon eine bedeutende Erleichterung für die Eisenbahn-Arbeiten: man durfte nämlich den Einschnitt nur um die Breite des Eisenbahn-Planums erweitern und ersparte dadurch die Erd- und Felsarbeiten, welche die Herstellung beider Dossirungen sonst erfordert haben würde. Die Eisenbahn liegt hier auf der Nordseite des Kanales, und die Einfänge der Souterrains zu beiden liegen unmittelbar neben einander und zwar in gleicher Höhe. In dem Berge verändern sie ihre Lage gegen einander, um möglichst vortheilhaft in die Ostseite auf der Ostseite anzutreten. Der Kanal durfte ohne Rücksicht auf die scharfen Krümmungen des Thales folgen, während die Eisenbahn in ein Thal geführt werden musste, welches sanftere Krümmungen gestattete. Dagegen musste der Kanal bis zur Schleuse, die nicht füglich im Souterrain erbaut werden konnte, horizontal geführt werden, während die Eisenbahn schon im Souterrain die Neigung von 1:200 annimmt. Die Eisenbahn verläuft sich daher in sanftem Bogen dem Kanale, und senkt sich gleich so tief, dass sie an der Stelle, wo die nächste Dossirung sich befindet, lothrecht unter derselben liegt. Sie tritt noch nicht zu Tage, sondern bleibt eine Strecke weit unter der Oberfläche, und kommt sogar erst in dem nächst südwärts gelegenen Thale wieder zum Vorschein. Zur Erleichterung des Baues des Eisenbahn-Souterrains hatte man aus dem Kanal-Souterrain eine grosse Anzahl Stollen seitwärts in der Richtung der ersten Dossirung getrieben, und das gebrochene Gestein wurde hier abgeführt, und auf einer provisorischen Eisenbahn in das Thal der Ostseite gebracht und daselbst verstaubt.

Die Brücken-Kanäle oder diejenigen Flussbrücken, welche den Kanal von dem einen Ufer zum andern geführt sind, sind sämmtlich massiv. Von den Sicherheits-Massregeln, die dabei angewendet hat, um das Durchdringen des Wassers zu verhindern, wobei augenscheinlich das Mauerwerk sehr leidet.

später die Rede sein. Hier mag nur erwähnt werden, dass den Brückenkanal bei Liverdon bereits mit Wasser angefüllt war, und die untern Flächen der Bogen mit Ausnahme einer kleinen Stelle, die etwas feucht war, vollkommen trocken gehalten habe. Der Kanal ist auf den Brücken 20 Fuss 9 Zoll mit senkrechten Mauern (ähnlich den Brustmauern der gewöhnlichen Brücken) eingefasst, und zu beiden Seiten mit Leinpfaden von 6 Fuss 4 Zoll Breite eingeschlossen. Die Höhenverhältnisse stimmen mit denen in den andern Kanalstrecken überein. Auf den äussern Seiten der Leinpfade sind gusseiserne Geländer angebracht.

Die Durchlässe, die, übereinstimmend mit den Durchlässen der Chaussees und Eisenbahnen, zur Durchführung kleinerer Flüsse und anderer Wasserläufe unter dem Kanale dienen, unterscheiden sich von den Brückenkanälen theils durch die geringere Höhe der Oeffnungen, theils aber auch dadurch, dass nicht nur der Kanal selbst, sondern auch die beiderseitigen Kanaldämme über ihnen fortsetzen. Diese Verschiedenheit bei weiteren Oeffnungen rechtfertigt sich durch die Kosten, deren grösste Beträge in dem einen und andern Falle durch diese verschiedenen Anordnungen erreicht werden. Gemeinlich sind die Durchlässe überwölbt, in einzelnen Fällen aber nur mit Platten bedeckt. Jedesmal ist für die gehörige Dichtung der massiven Oeffnungen gesorgt, auch bildet ein starker Thonschlag die Sohle des Durchlasses. Ausserdem hat man, um die Wasseradern zwischen der Mauer und der Erdschüttung zu unterbrechen, mitten in den Dämmen noch niedrige Mauern aufgeführt, die sich an die Seitenmauern und die Decke des Durchlasses anschliessen. In den wenigen Fällen sind statt der gemauerten Durchlässe gusseiserne Röhren auf einem gehörig gesicherten Fundamente unter dem Kanale gelegt.

Die Schiffschleusen sind sämmtlich massiv. Das Mauerwerk besteht aus zugerichteten Bruchsteinen mit eingelegten Kettenwerkstücken, die namentlich an allen vorspringenden Kanten sichtbar sind. Die Schleusen sind nur zur Aufnahme eines kleinen Schiffes eingerichtet; ihre lichte Weite, und zwar eben so in den Häuptern als in der Kammer, misst 16 Fuss 7 Zoll, die Länge der Kammer dagegen zwischen dem Abfallboden und

den Unterthoren 106 Fuss 9 Zoll. Ihr Gefälle beträgt, wie bereits erwähnt, durchschnittlich 8 Fuss 4 Zoll.

Sie sind, obwohl ohne Pfahlrost, doch sehr solide gebaut und zweckmässig angeordnet. Bei nassem Untergrunde, oder bei Unterspülungen zu besorgen waren, sind sie mit Spundwänden eingefasst und auf einem Bétonbette fundirt. Das Fundament selbst ist gemeinhin gleichmässig unter der ganzen Schleuse fort, und ist aus Bruchsteinen 3 Fuss stark gemauert; der Kammerboden ist darüber mit einem umgekehrten Gewölbe aus roh bearbeiteten Bruchsteinen versehen, das nahe 1 Fuss stark ist. Die Stärke des Kammerbodens beträgt daher, wenn kein Bétonbette darunter angebracht ist, in der Axe der Schleuse etwa 4 Fuss und nahe den Mauern nahe 5 Fuss. Die Mauern der Kammern und eben der Thorarkammern sind unten 8, oben dagegen nur 2 Fuss stark. Ihre Höhe über dem allgemeinen Fundamente des Unterthores beträgt 18 Fuss. Hinter jeder Wendenische befindet sich ein 9 Fuss langer Pfeiler, der sich in der Stärke von 8 Fuss, oder Abtreppung auf seiner hintern Seite, bis zur Höhe der Schleusmauern erhebt. In diesen Pfeilern liegen die Anker der Hebelhänder. Der Oberboden ist so tief gesenkt, dass über den Oberdrehpfeilern ein Wasserstand von 9½ Fuss sich bildet. Der Grund hiervon liegt vorzugsweise in der Absicht, das Füllen der Schleuse etwas zu beschleunigen (§. 100), zum Theil aber wollte man die grossen Mauermassen unter dem Oberboden vermeiden, und die Fundirungen in verschiedene Tiefe zu legen. Der Wasserstand über dem Unterdrehpfeiler beträgt wieder 5 Fuss 1 Zoll.

Die Bruchsteine und Werkstücke fanden sich beinahe überall in geringer Entfernung, so dass die Anfuhr derselben keine bedeutenden Kosten verursachte. Auch der hydraulische Mörtel war überall leicht zu beschaffen, indem man nach den angestellten geognostischen Untersuchungen in der ganzen Ausdehnung des Kanales magern Kalk vorfand, die bei gehöriger Verwendungs-Bearbeitung sehr guten und schnell erhärtenden Mörtel gab, der nicht nur zur Bétonbereitung, sondern auch zum Verstreichen der Fugen benutzt wurde. Ich habe diese Fugen vielfach untersucht, und mich überzeugt, dass sie so fest waren, als wenn man die besten Englischen Cemente dabei benutzt hätte.



Die Schleusenthore bestehn aus Holz und sind nach der ankreich üblichen Bauart, die oben (§. 104) beschrieben ist, führt. Auch ist die in Fig. 304 dargestellte Anordnung hier mit, wodurch die Streben in sehr starke Spannung versetzt werden können. Der Belag ist nur einfach und wird durch die unterbrochen. Ausserdem ist jedes Thor mit einem Zug versehen, das gleichfalls angezogen werden kann, falls ein bemerkt werden sollte. In jedem Flügel befindet sich eine Öffnung von nahe 3 Fuss Breite und 1½ Fuss Höhe. Die werden, wie gewöhnlich, mittelst gezahater Stangen durch gehoben.

Ueber die Speisung des Kanales ist bereits bei Beschreibung des ganzen Zuges das Nöthige mitgetheilt worden. Die gleichen Speisegräben treten unmittelbar in den Kanal und kann den Zufluss derselben durch die Freiarchen in den übrigen Flussbetten reguliren. Der Zufluss aus dem See bei Exchange tritt durch eine Arche, die mit einem Schütze versehen ist, gleichfalls in den Kanal, beide Theile dieses Sees sind durch einen Durchlass unter dem Kanale mit einander verbunden. Die bereits erwähnten Durchlässe mit den Vorrichtungen Einführen und Ablassen des Wassers sollen später bei speciellen Beschreibung der zu diesem Zwecke dienenden An ausführlich behandelt werden.

Da in den Gebirgsgegenden zuweilen selbst kleine Bäche andre Wasserläufe ungewöhnlich grosse Massen abführen, in solchem Falle leicht einzelne Kanalstrecken plötzlich so gefüllt werden, dass die Kanaldämme überfluthen und bei dem heftigkeit überstürzenden Wasser durchbrechen, so sind noch deren Sicherheits-Massregeln angewendet, um ein solches nisse, wenn es auch nicht verhindert werden kann, doch wenigstens nicht gar zu störend und gefährlich für die Schifffahrt zu lassen. Sobald ein Durchbruch eines Kanaldammes erfolgt, entleert sich die ganze Strecke des Kanales zwischen den angrenzenden Schleusen, auch werden die darin befindlichen durch die heftige, und zwar plötzlich sich bildende Strömung mit fortgerissen. Die Gefahr für letztere, und eben so auch Schwierigkeit, die ganze Strecke nach der Wiederherstellung in Laumes wieder zu füllen, ist um so bedeutender, je länger



diese Strecke ist. Aus diesem Grunde sind vorzugsweise Scheitelstrecken besondere Vorkehrungen am nothwendigsten. kommt noch, dass diese wegen der schrofferen Seitenhöhen hin am meisten einer solchen Gefahr ausgesetzt, und Quellen am spärlichsten sind, und sonach ihre Wiederaufbau vielleicht eine sehr lange Zeit erfordert. Man zerlegt sie durch einzelne in ihnen erbaute Schleusenhäupter, die sogenannten Sicherheits-Thoren versehen sind, d. h. mit Schalthoren, die bei eintretender Strömung sich von selbst schliessen. Aus der Untersuchung des Terrains lässt sich aber schon entnehmen, an welchen Punkten dergleichen plötzliche Zuflüsse, auch Zerstörungen der Dämme am meisten zu besorgen sind, man muss demnach die Thore so stellen, dass sie bei einem Dammbroche durch den Strom selbst geschlossen werden und den Wasserstand dahinter zurückhalten. In dem Rhein-Main-Kanal sind solche Sicherheits-Thore einige Male angebracht, sie liegen flach auf dem Boden, ohne die Schifffahrt zu hindern, schliessen sich aber, sobald ein heftiger Strom darüber geht, und schliessen dann den Kanal ab. Ihre nähere Beschreibung soll später kommen.

Die Kanal-Häfen, deren Anzahl in den einzelnen Theilen des Kanales bereits angegeben ist, bestehen nur aus stellenweisen Verbreiterungen. Der Kanal hat nämlich nur eine bestimmte Breite erhalten, dass zwei Schiffe neben einander vorüberfahren können. Das beliebige Anlegen ist daher im Allgemeinen nicht gestattet; hierzu dienen vielmehr diese Häfen. Sie befinden sich vorzugsweise neben den Städten und andern Orten, wo ein häufiges Ein- oder Ausladen von Gütern erwartet wird. Auch sind sie auf die zwischenliegenden Strecken möglichst gleichmässig vertheilt, damit bei zufälliger Unterbrechung einer Fahrt keine Behinderung des Verkehrs eintritt. Sie sind gemeinhin 300 Fuss lang und 48 Fuss breit. In jedem derselben können neun Schiffe liegen, ohne die Breite des eigentlichen Kanals zu beschränken. Ausserdem bietet ein solcher Hafen auch Gelegenheit, ein Schiff umzuwenden.

Endlich muss in Betreff der Kanalbrücken noch bemerkt werden, dass sie grösstentheils massiv sind. Der Kanal ist denselben durch Mauern eingefasst und in der Breite auf 19 Fuss 1 Zoll beschränkt. Auf jeder Seite befindet sich

brücke ein Leinpfad von 6 Fuss 4 Zoll Breite. Die Spannweite des Bogens beträgt daher 31 Fuss 10 Zoll, die tiefe Bogen im Scheitel misst aber 11 Fuss 2 Zoll. In der letzten Abtheilung des Kanales, nämlich im Rheinthale, hat man dagegen eine andre Anordnung gewählt. Der Kanal ist bis auf 12 Fuss 6 Zoll beschränkt, der Leinpfad an der einen Seite ist 7 Fuss 11 Zoll breit, dagegen auf der andern Seite nur 3 Fuss 2 Zoll. Die Spannweite des Bogens beträgt daher hier nur 29 Fuss 2 Zoll. Die Uersetzung des einen Leinpfades durch einen schmalen Füllweg erscheint kaum angemessen, indem der Leinweg auf demselben ganz gleichmässig in beiden Richtungen ausgeht, und sonach die Brücken in dieser Strecke eine Ueberspannung über veranlassen.

Wo nur für leichtes Fuhrwerk ein Uebergang erforderlich sein dürfte, und namentlich in der Nähe von Städten, wo man in der Richtung der Nebenwege Drahtbrücken statt einer ganzen normalen Profil des Kanales mit Einsetzen der Leinpfade überspannen.

### §. 119.

#### Wasserbedarf der Kanäle.

Das Wasser, welches die einzelnen Kanäle speisen soll, erhält darin nicht dauernd, sondern wird sowohl beim Durchgange der Schiffe durch die Schleusen, als auch durch die Reibung des Bodens und der Atmosphäre stark vermindert, so dass es erneuert werden muss, wenn die Schifffahrt nicht unterbrochen werden soll. Sind die Zuflüsse sehr mässig, wie dies bei den Seitenkanälen der Flüsse die ganze Wassermenge der letztern zur Benutzung der Kanäle benutzt werden kann, so vertheilt sich nach die Besorgnis eines möglichen Wassermangels. Wenn wegen ein Kanal über eine Wasserbrücke geführt werden soll, ist es dringend nöthig, sich schon vorher davon zu überzeugen, ob diese zur Erhaltung des erforderlichen Wasserstandes ausreichten. Sollte dieses bei demjenigen Entwurfe nicht der Fall sein, welcher den sonstigen Terrain-Verhältnissen am meisten entspricht, so muss man eine andre Kanal-Linie und andre

Höhenlagen der einzelnen Strecken aufsuchen, wodurch die wichtigsten Bedürfnisse sicher entsprochen wird, wenn die Anlage auch sehr vertheuert werden sollte. Man hat in dieser Beziehung in der That nicht zu weit gehen dürfen, da die Erfolge oft gezeigt haben, dass man sich hierin nicht hätte, wenn auch nach den angestellten Voruntersuchungen Bedarf vollkommen gesichert erschien. In manchen Fällen ist ein solcher Irrthum dadurch veranlasst sein, dass die Quellen zur Zeit der Anlage des Kanales reichhaltiger waren, als sie später zeigten, nachdem die Waldungen gelichtet und Sumpf-Weideland in Acker verwandelt waren. Welchen grossen Einfluss die Veränderungen der Boden-Cultur auf die Regenmenge ausüben, ist bereits im ersten Theile dieses Werkes (§. 1) erwähnt worden. Zweifelhaft veranlassen sie aber die schnellere Ableitung des Wassers, wodurch die Schwächung der Quellen oder deren ganzliche Versiegen in den Sommermonaten sich schon vollständig zeigt. Bei einer neuen Kanal-Anlage muss man demnach die Verhältnisse und deren mögliche Veränderungen, die durch den Kanal selbst veranlasst werden, nicht unbeachtet lassen.

Man beruhigt sich allerdings zuweilen, wenn man sieht, dass ein Kanal nicht dauernd gespeist werden kann, mit dem Troste, dass eine Unterbrechung der Schiffahrt zur Ausfertigung der nothwendigen Reparaturen doch nicht zu umgehen ist, gerade die Zeit der grössten Dürre sich hierzu am meisten eignet. Dagegen wäre aber zu erinnern, dass solche Reparaturen eine Sperrung von mehreren Wochen erfordern, bei grosser Vorbereitung sich doch nicht in jedem Jahre wiederholen und dass man ausserdem die Zeit des grössten Wassermangels nicht bestimmt vorhersehen kann. Die Schiffahrts-Sperrungen, welche absichtlich eingeführt werden, muss man, um sie weniger störend zu machen, dem Publicum schon lange anzeigen, und es ereignet sich alsdann leicht, dass schon wegen Wassermangel die Schiffahrt unterbrochen war, oder man nach den Reparaturen der Schleusen nicht hinreichend Wasser hatte, um den Kanal wieder zu füllen. In beiden Fällen muss also die Schiffahrt lange und oft Monate hindurch wegen Wassermangel unterbrochen werden. Hierzu kommt noch der ungünstige Umstand, dass die grösste und anhaltendste Dürre

phin in die Zeit nach der Ernte fällt, also in diejenigen Monate, wo die Schifffahrt am lebhaftesten zu sein pflegt. Es ergibt sich hieraus, wie nothwendig es ist, bei Anlage eines neuen Kanals für dessen vollständige und ununterbrochene Speisung zu sorgen.

Bei einigen wenigen Kanälen tritt ein entgegengesetztes Bedürfniss ein, indem nicht sowohl die Zuführung, als die Ableitung des Wassers grosse Schwierigkeiten verursacht. Dieses geschieht indessen nur in eingedeichten und zwar sehr tief liegenden Niederungen, die eines natürlichen Abflusses entbehren. Ein Beispiel davon ist der Nordholländische Kanal, der die Anlage von besondern Schöpfmühlen erforderte, um das durch die Klusen zugeführte Wasser wieder zu entfernen.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dass einem Wassermangel vollständig vorgebeugt sei, muss man das Bedürfniss kennen, und es entsteht daher zunächst die Frage, welche Wassermenge einem Schifffahrts-Kanale zugeführt werden muss, damit derselbe hinreichend gefüllt bleibe. Der Wasserverlust wird von mehreren, sehr verschiedene Ursachen veranlasst, die hier nicht erörtert werden sollen, wenn sich ihr Einfluss auch nicht auf bestimmten Zahlen angeben lässt.

Zunächst wäre die Verdunstung zu nennen, die auf der freien Oberfläche des Kanales eintritt. Der Werth derselben lässt sich nach den früheren Mittheilungen (§. 4) ziemlich genau berechnen, und er würde, wenn man die Regenmenge in Abzug bringen wollte, für unsere Gegenden sich während eines Jahres auf 1 Fuss stellen. Zur Wiederersetzung des verdunsteten Wassers brauchte man daher im Laufe eines Jahres nur eine gleiche hinzuzuleiten, die dem Rauminhalte eines Prismas entspräche, dessen Grundfläche der Wasserspiegel des Kanales gleich käme, dessen Höhe 1 Fuss wäre. Die Untersuchung, in dieser Richtung geführt, stellt aber kein brauchbares Resultat dar, denn es geht sich nicht um den jährlichen Bedarf, sondern um denjenigen, der während des Sommers und namentlich während der heissen Dürre eintritt. In gewissen Jahreszeiten hat jeder Kanal überreiche Zuflüsse, die man nicht vollständig benutzen kann, und vielmehr anderweit ableiten muss, um den Kanal nicht zu hoch anzufüllen, wodurch seine Umgebungen leiden, und



namentlich die Dämme überströmt und durchbrochen werden. Eine Ausgleichung findet demnach nicht statt, und man darf den Wasserstand zu andrer Zeit niederfällt, nicht in Betracht ziehen. Bei warmer Luft und grosser Hitze verdunsten nach den angeführten Beobachtungen täglich 2 Linien, vielleicht sogar auf den ausgetretenen freien Wasserflächen, die vor dem Winde und der grossentheils gar nicht geschützt sind, bisweilen noch mehr, kann aber hiernach den Bedarf annähernd bestimmen, derselbe falls vergleichungsweise gegen den sonstigen Wasserverbrauch in einem Kanale sehr geringfügig ist.

Viel wichtiger ist die Filtration, deren Wirksamkeit in so hohem Grade durch äussere Verhältnisse bedingt wird, dass ihr Werth auch nicht entfernt mit einiger Sicherheit angegeben werden kann. Die Höhen-Differenz zwischen dem Wasserstande des Kanals und dem des Grundwassers (§. 8) bezeichnet die Druckhöhe, welche das Wasser durch den Boden treibt, falls der Kanal ganz in das Terrain eingeschnitten und nicht etwa durch eine Dämme eingeschlossen ist. Der Stand des Grundwassers ist aber sehr verschieden. Dasselbe erreicht eine grössere Höhe nach anhaltendem Regen, als während der Dürre. Es bildet sich in dem Boden Anschwellungen, wie im freien Strome, doch wegen der vielfachen Hindernisse der Bewegung des Wassers verläuft es sich weit langsamer vorwärts. Interessant sind die Beobachtungen, die Woltman in den Jahren 1793 bis 1800 über den Stand des Grundwassers anstellte<sup>\*)</sup>. Der Beobachtungsort war Kutzleben, also eine niedrige Marschgegend, in der Nähe der Saale. Die achtjährigen Beobachtungen ergaben für die einzelnen Monate die Höhe des Grundwassers über dem mittlern Stande desselben folgender Art:

im Januar . . .	+	1,34.
im Februar . . .	+	1,45.
im März . . .	+	0,92.
im April . . .	+	0,43.
im Mai . . .	—	0,46.
im Juni . . .	—	1,37.

<sup>\*)</sup> Beiträge zur Baukunst schiffbarer Kanäle, Göttingen, Seite 262.



im Juli . . .	— 2,17.
im August . .	— 1,49.
im September .	— 1,18.
im October . .	+ 0,10.
im November .	+ 1,26.
im December .	+ 1,17.

ergiebt sich, dass selbst die mittleren Werthe aus den acht-  
 igen Beobachtungen zwischen den Wasserständen im Februar  
 Juli eine Differenz von 3,62 oder nahe  $3\frac{1}{2}$  Fuss zeigen. Am  
 tiefsten stieg das Grundwasser im December 1797, nämlich 2,62  
 über den mittleren Stand, und es sank am tiefsten im Juli  
 1797, nämlich 3,01 Fuss darunter. Der Unterschied zwischen  
 den Höhen beträgt 5,63 Fuss. Dabei muss bemerkt werden,  
 dass alle vorstehende Angaben sich auf Hamburger Fussmaass be-  
 ziehen, das sehr nahe um einen halben Zoll kleiner, als der Rhein-  
 ländische Fuss ist.

Die Höhe über dem mittleren Stande der See hat Woltman  
 angegeben, wahrscheinlich ist aber das Grundwasser zu-  
 mindest bis nahe auf denselben herabgesunken, und man kann wohl  
 annehmen, dass im Binnenlande, wo eine solche sehr constante  
 in einem nahe liegenden Becken nicht statt findet, die Un-  
 terschiede sich noch grösser herausstellen. Es ergiebt sich jedoch  
 hieraus, wie verschieden die Wasserverluste in Folge der  
 Dürre zu verschiedenen Jahreszeiten sein müssen, und dass sie  
 eben so wie diejenigen, welche durch die Verdunstung  
 verursacht werden, zur Zeit der Dürre am grössten sind.

Anders verhält es sich, wenn das in den Boden eindringende  
 Wasser nicht bis zum Grundwasser herabsinkt, vielmehr schon in  
 geringerer Tiefe einen Ausweg zur Seite findet, durch wel-  
 ches leichter abfliessen kann. Dieser Fall wiederholt sich bei  
 uns sehr häufig, und namentlich wenn das nebenliegende  
 Land auf beiden, oder auf einer Seite niedriger ist, als der  
 Wasserspiegel im Kanale. Besonders wenn der Kanal sich zur  
 Seite eines steilen Abhanges hinzieht, pflegen sich sehr bedeutende  
 Uferneben demselben zu bilden, die nicht nur wegen des  
 Wasserverlustes, den sie verursachen, nachtheilig sind, sondern  
 auch in den nebenliegenden Aeckern und Wiesen Versumpfungen  
 hervorzurufen, oder auch wohl noch bedeutendere Beschädigungen ver-  
 ursachen.

ursachen. Nach der ersten Füllung des Caledonischen Kanals zeigten sich am Fusse eines Seitendammes so starke Quellen, dass die herausdringende Wassermenge sogar ein Gebäude überspülte und zerstörte.

Man sollte meinen, dass die letzte Art der Filtration den Witterungs-Verhältnissen ganz unabhängig sein müsste, insofern die Tiefe, zu der das Wasser herabsinkt, unverändert selbe bleibt. Dieses ist indessen, nach manchen Beobachtungen, nicht der Fall, vielmehr stellt sich auch hierbei in trockner Jahreszeit ein stärkerer Wasserverlust heraus. Minard erklärt diese Erscheinung dadurch, dass ein thonhaltiger Boden beim Trocknen sich zusammen zieht, und vielfach zerklüftet, wobei die Fugen durch welche das Wasser hindurch dringt, weiter geöffnet werden. Es ist indessen kaum anzunehmen, dass an den Stellen, wo Quellen liegen, wirklich ein Austrocknen statt finden sollte; der Grund ist daher wohl darin zu suchen, dass der umgebende Boden, indem er die eingesogene Feuchtigkeit sehr schnell der Verdunstung verliert, um so kräftiger das nachfolgende Wasser in sich aufnimmt.

Es lässt sich in der That der Einfluss der Filtration von dem der Verdunstung nicht ganz trennen. Die verschiedenen Arten, insofern sie mehr oder weniger Sand enthalten, oder aus reinem Sande bestehen, ziehen das Wasser vermöge der Capillarkraft an, die man gemeinlich Capillar-Attraction nennt. Bis zu einer gewissen Höhe über dem Grundwasser, in den meisten Fällen bis zur Oberfläche des umgebenden Terrains, werden sie durch das Wasser des Kanales feucht erhalten. Bald nun die Witterung eine kräftige Verdunstung gestattet, verflüchtigen sich die Wassertheilchen, welche bis zur Oberfläche hinaufgestiegen waren, und in gleichem Maasse werden wieder neue Theilchen heraufgezogen, und sonach veranlasst eine Filtration bei trockner Witterung weit stärkere Wasserverluste, als wenn der mit Wasser gesättigte Boden die Feuchtigkeit verliert, und vielleicht sogar diese durch hinzutretenden Regen noch vermehrt wird. Zu der Verdunstung kommt noch ein Umstand, der die Filtration verstärkt. Dieses ist der Pflanzwuchs. In gleichem Maasse, wie derselbe die Feuchtigkeit des Bodens entzieht, muss sich diese aus dem Kanale ersetzen.

Die Beschaffenheit des Bodens hat endlich noch einen wesentlichen Einfluss auf die Stärke der Filtration. Je mehr die Zwischenräume vorhanden sind, um so grösser ist unter übrigen gleichen Umständen der Wasserverlust. Im festen Thon ist letzterer sehr unbedeutend und meist gar nicht bemerkbar. Je mehr Sand aber beigemischt ist, um so leichter dringt Wasser hindurch, und in reinem Sande ist die Filtration schon sehr bedeutend, besonders in grobem Sande. Am übelsten ist es aber, wenn die Kanaldämme und deren Untergrund aus Kalken bestehen. Auch im klüftigen Gesteine zeigen sich Wasserverluste, die zuweilen die dauernde Erhaltung des Wasserstandes in den Kanälen ganz unmöglich machen. So ist die eine unterirdische Kanalsstrecke im Kanale von St. Quentin in so klüftigem Kalk geführt, dass sie in wenig Stunden vollkommen trocken wurde, indem das Speisewasser während des Sommers nicht genügte, diesen übermässigen Verlust zu decken, so füllte man sie in der Woche nur einmal, und schloss sie sogleich an beiden Seiten wieder ab, nachdem die Schiffe, die sich inzwischen davor angelagert hatten, hindurch gelassen waren. In neuerer Zeit soll gelungen sein, die Quellen beträchtlich zu mässigen. Der grösste Theil dieses Kanales verliert übrigens sein Wasser auch gegenwärtig noch so stark, dass bei unterbrochener Speisung der Wasserstand sich täglich um nahe 4 Fuss senkt. Noch auffallender war in dieser Beziehung der Seiten-Kanal, der bei Hüninden Rhein-Rhone-Kanal mit dem Rhein in Verbindung setzt. Fehlt demselben freilich nicht an hinreichendem Zufluss, indem man beliebige Wassermengen aus dem Rhein hineinleiten kann. Hier fand man, dass an einem Tage der ganze Inhalt des Kanals fünf und dreissigmal erneuert werden musste, um den Verlust durch Filtration zu decken. Der Untergrund besteht hier aus grobem Rhein-Kies.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dass auch Maulwurfsgruben zuweilen in einem sehr guten Boden zum Entstehen von Lecken in den Kanaldämmen Veranlassung geben.

Ueber die Mittel, welche man zur Dichtung der Kanäle anwendet, soll später im Folgenden die Rede sein: es ergibt sich aus Vorstehendem, dass es durchaus unmöglich ist, die Grösse des Wasserverlustes in Folge der Filtration auch nur annähernd

zu bezeichnen. Woltman nimmt, auf die Beobachtungen an den Midi gestützt, sehr willkürlich an, dieser Wasserverlust fünfstufig so gross, als derjenige, der von der Verdunstung rührt. Minard meint dagegen, man könne sehr zufrieden sein, wenn ein Kanal in 24 Stunden nicht mehr als 1 bis 1½ seiner Wasserhöhe in Folge der Filtration verliere. Es ist dessen kaum bemerkt werden, dass dieses nur für höhere Kanalstrecken gilt, und dieses Maass auch nicht entfernt in den Kanälen erreicht wird, die in Niederungen sich hinziehen.

Von der Filtration rührt auch der sehr starke Wasserverlust her, der in neuen Kanälen bei der ersten Füllung auch bei ältern Kanälen sich zeigt, die einige Zeit trocken gelegen hatten. Man hat in Frankreich bewerkstelligt Kanäle, deren Sohlen durch Bétonbetten gedichtet waren, deren Seitenwände aus massiven Mauern bestanden, deren ersten 24 Stunden eine Senkung des Wasserstandes um 3 Zoll erfuhren. Der Grund hiervon ist allein in der Beschaffenheit oder Anfeuchtung der Mauern zu suchen. Offenbar ist der Verlust ohne Vergleich viel grösser, wenn nur eine unebene Sohle und blosse Erd-Dossirungen das Kanalbette bilden. Die Anfeuchten derselben sind weit grössere Wassermengen erforderlich, und es ist nicht ungewöhnlich, dass zur Füllung eines Kanals das Doppelte seines Rauminhaltes gebraucht wird.

Die Filtration kommt nicht allein bei den Schiffahrtskanälen selbst, sondern auch bei deren Speisegruben in Betracht, insofern man diesen kein starkes Gefälle geben mag, Bäche möglichst tief abzufangen, wo sie schon reichhaltig sind. So zeigt sich häufig der Uebelstand, dass die Wassermengen, die durchfliessen solcher Gräben sich wesentlich vermindern. Der Verlust ist aber offenbar von der Zeit abhängig, während jedes Wassertheilchen darin bleibt; er ist daher um so grösser, je kleiner die Geschwindigkeit ist. Aus diesem Grunde ist das Gefälle solcher Speisegräben nicht zu geringe annehmen, sonach ist es bis zu einer gewissen Grenze vortheilhaft, den Bach in grösserer Höhe abzufangen, also eine geringere Wassermenge in den Graben zu leiten, als ein schwächeres Gefälle dem letztern darzustellen, und dadurch den Wasserverlust durch das Durchfliessen zu vermehren. Offenbar kommt es da



möglichst grösste Wassermenge aus dem Bache dem Kanale führen. Eine scharfe Lösung der Aufgabe ist gewiss unthunlich, da man selbst durch eine Local-Untersuchung die über der in die Rechnung einzuführenden Constanten nicht mit hinreichender Genauigkeit für einzelne Fälle wird bestimmen können.

Es soll hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass man nicht hoffen darf, alles Wasser, welches man dem Speisegraben zuführt, wieder in den Kanal fliessen zu sehen. Es ergibt sich aber aus dieser Betrachtung noch, dass die Zuflüsse aus den Grässen, deren Reichhaltigkeit man beliebig verstärken kann, verloren gehen, wenn man kürzere Zeit hindurch recht kräftige Wassermengen eintreten lässt, als wenn man ununterbrochen geringe Wassermengen abzieht. Die Geschwindigkeit in den Gräben bleibt auch in beiden Fällen nicht dieselbe, sondern verstärkt sich sehr im Verhältnisse zur Quadratwurzel aus der mittleren Wassermenge, daher durchläuft jedes einzelne Theilchen des verstärkten Wassers den Graben schneller, und erleidet daher einen geringeren Verlust. Die Richtigkeit dieser Schlussfolge leuchtet ein, wenn man ein sehr schwaches Fliessen voraussetzt, welches so leicht gedacht wird, dass das Wasser auf dem Wege vollständig in den Boden hineingezogen wird, und sonach das Verhältniss in den Graben hineintretenden zu der heraustretenden Wassermenge unendlich gross ist.

Eben so wenig wie der Verlust durch die Filtration sich im Voraus bestimmen lässt, kann man auch die Wasserverluste angeben, welche von einer Kanalstrecke in die andre durch die Fugen in den Schleusenthoren, und zwischen den Thoren und den Schlagschwellen und Thornischen abfliessen. Dieser Verlust ist indessen vergleichungsweise gegen andre ziemlich bedeutend. Bei gehöriger Unterhaltung der Thore darf man wohl nicht höher, als auf den vierten Theil eines Kubikfusses pro Secunde anschlagen. Nach Minard erreicht er noch nicht die Hälfte dieses Werthes, und er ist sonach von untergeordneter Bedeutung. Auch ist es in manchen Fällen als ein günstiger Umstand anzusehn, dass dieses Wasser dem Kanale nicht vollständig entzogen wird, sondern der folgenden Strecke wieder zufließt.

Endlich kommt bei Ermittlung des Wasser-Bedarfes für den Kanal auch noch der Verbrauch beim Durchschleusen in Betracht. Handb. d. Wasserbauk. II. 3.



sen der Schiffe in Betracht, und dieser ist bei lebhafter Schiffahrt sehr bedeutend, so dass er oft demjenigen durch die Filtration gleichkommt, denselben auch oft noch bedeutend übersteigt. Seine Grösse lässt sich, wenn man die Schiffahrts-Verhältnisse kennt, genauer, als die übrigen Wasserverluste ermitteln, und es sind manche interessante Untersuchungen, namentlich durch französische Ingenieure, hierüber angestellt worden. Einige der wichtigsten Resultate, die namentlich auf die zweckmässige Anordnung der Kanalstrecken und der Schleusen von Einfluss sind, dürften hier nicht umgangen werden. Dieselben genügen auch zur Bezeichnung des Wasserbedarfes in dieser Beziehung.

Beim Durchgange eines Schiffes durch eine Schleuse sind zwei verschiedene Wassermengen in Betracht zu ziehen, nämlich zunächst diejenige, welche erforderlich ist, um den Wasserstand in der Schleusenammer vom Unterwasser bis zum Oberwasser zu heben. Man nennt sie die Füllmasse, und es ist klar, dass diese unverändert dieselbe bleibt, wenn auch ein Schiff in der Schleusenammer sich befindet. Dasselbe taucht nämlich in dem Oberwasser ebenso tief ein, wie in das Unterwasser. Sobald das Schiff dagegen in die Schleusenammer hinein, oder aus derselben herausgezogen wird, so füllt sich der leere Raum, den der er tauchende Theil des Schiffes bisher einnahm, mit Wasser, und eine Wassermenge, deren Gewicht dem des Schiffes gleich ist, wird aus der Kammer hinaus, oder in dieselbe hineingedrückt. Ausserdem wäre noch diejenige Wassermenge zu erwähnen, welche sich in der Kammer befindet, während die Verbindung mit dem Unterwasser dargestellt ist. Diese kommt in dessen in den folgenden Untersuchungen gar nicht in Betracht, da sie bei einfachen Schleussen stets in der Kammer bleibt, und bei gehörigem Gebrauche der Kuppelschleusen aus der Kammer nie abgelassen wird.

Zunächst mag der Durchgang eines Schiffes durch eine einfache Schleuse untersucht werden. *M* sei die Füllmasse und *m* diejenige Wassermasse, deren Gewicht dem des Schiffes gleich ist. Das Schiff komme aus dem Unterwasser, und ein anderes Schiff sei ihm in derselben Richtung vorangegangen: es füllt daher die Schleuse gefüllt. Ehe das Schiff hineingeht, muss diese entleert werden, daher fliesst dem Unterwasser

die Masse  $M$  zu. Indem aber das Schiff in die Schleuse fährt, drängt es noch die Masse  $m$  zurück, dem Unterwasser ist daher  $M + m$  gewonnen. Sobald das Schiff in der Schleuse sich befindet, erfolgt die Füllung aus dem Oberwasser, und beim Herausstreten in das Oberwasser fliesst noch die Masse  $m$  in die Schleusenammer. Der Verlust des Oberwassers ist daher eben so gross, wie der Gewinn an Unterwasser, nämlich  $M + m$ .

Wenn dagegen ein Schiff den Kanal herabfährt, also von der Höhe des Oberwassers in die Schleuse tritt, während wieder ein andres in derselben Richtung ihm vorangegangen ist, so stellt sich das Resultat etwas anders. Die Schleuse ist leer, d. h. die Kammer ist bis zur Höhe des Unterwassers abgelassen. Ehe das Schiff hineingehn kann, muss sie gefüllt werden, dem Oberwasser ist daher die Masse  $M$  entzogen. Sobald jedoch das Schiff in die Schleuse fährt, wird von diesem wieder ein Theil, nämlich  $m$  zurückgedrängt. Der Verlust des Oberwassers beträgt daher nur  $M - m$ , und die weitere Betrachtung ergibt leicht, dass der Gewinn des Unterwassers eben so gross ist. Die beim Auf- und Abgehen eines Schiffes hindurchgelassene Wassermenge ist daher gleich  $2 M$ .

Die Resultate stellen sich günstiger, wenn die Schiffe abwechselnd in einer und der andern Richtung durch die Schleuse gehen. Ein Schiff sei herabgekommen, und es gehe ein andres aufwärts. Letzteres findet daher die Kammer leer, und kann ohne weiteres hineingezogen werden. Indem dieses aber geschieht, so drängt es die Masse  $m$  in das Unterwasser, darauf wird die Kammer gefüllt, und sobald das Schiff herausfährt, drängt es in gleicher Weise noch die Masse  $m$  aus dem Oberwasser in die Kammer, das Oberwasser hat daher wieder  $M + m$  verloren, der Unterwasser nur  $m$  gewonnen. Das nächste Schiff geht in der Annahme wieder herab. Indem es aus dem Oberwasser in die schon gefüllte Kammer fährt, stösst es die Wassermenge zurück, so dass das Oberwasser statt einen Verlust zu erleiden, nur um die Masse  $m$  vermehrt wird. Das Unterwasser gewinnt dagegen beim Entleeren der Kammer die Füllmasse, wovon aber beim Austreten des Schiffes wieder ein Theil, nämlich  $m$  in die Kammer zurück gedrängt wird. Beim Herabschleusen hat daher das Oberwasser  $-m$  verloren und das Unterwasser  $M - m$  ge-

wonnen. Für beide in entgegengesetzten Richtungen erfolgte Durchgänge des Schiffes wird der Verlust des Oberwassers wieder Gewinn des Unterwassers gleich, nämlich  $M$ .

Es ergibt sich hieraus zunächst, wie vortheilhaft es ist, Schiffe abwechselnd aus dem Ober- und dem Unterwasser in die Schleuse treten zu lassen. Soviel es geschehn kann, werden Schleusenwärter auch jedesmal hierauf angewiesen, aber die Verkehrs-Verhältnisse gestatten dieses häufig nicht, vielmehr geht es gewöhnlich, dass zeitweise die grosse Mehrzahl der Schiffe in einer Richtung, und dann wieder in der andern bewegt. Sonders in Frankreich pflegen in die Kanäle, die mit kleinen Flüssen in Verbindung stehn, plötzlich sehr viele Schiffe zu kommen, die auf derselben Fluthwelle, die man künstlich erzeugt, den obern Theil des Flusses herabgeschwommen sind (§ 95) sämmtlich in gleicher Richtung den Kanal durchfahren.

Der Vortheil, den die Abwechselung im Durchgange der Schiffe bietet, findet auch nur statt, wenn die Durchgänge der Schiffe in ziemlich kurzen Zwischenzeiten stattfinden. Der Wasserverlust ist nämlich an den Unterthoren gemeinhin viel grösser als an den Oberthoren, weil sie höher sind, auch einen stärkeren Wasserdruck erleiden, sobald sie das Oberwasser begrenzen. Man kann daher, nachdem ein Schiff aufwärts geschleust ist, die Kammer nicht lange gefüllt erhalten. Sie entleert sich vielmehr von selbst, und wenn auch nicht ganz, doch so weit, dass der Zustand dem Abflusse gleich ist, und dieses pflegt bei einem Wasserstande stattzufinden, der sich mehr dem Unterwasser, als dem Oberwasser nähert. In vielen Fällen schreiben die Dienst-Instructionen den Schleusenwärtern vor, die Kammern in der Regel und gemeinlich während der Nacht zu entleeren, damit die Unterthore nicht zu sehr angegriffen werden.

Es ergibt sich demnächst aus der vorstehenden Untersuchung, dass die Wassermasse  $m$  oder diejenige, deren Gewicht dem des Schiffes gleich kommt, beim Auf- und Abgange eines Schiffes ganz aus der Rechnung fällt, daher bei Ermittlung des Wasserbedarfes für den ganzen Schiffsverkehr, der doch in beiden Richtungen sich gleich sein muss, ganz unberücksichtigt bleiben kann. Dieses ist jedoch nur der Fall, wenn die Schiffe, während der Fahrt in einer Richtung fahren, eben so schwer belastet sind,

in sie zurückkommen. Findet dieses nicht statt, so behält diese Wassermasse allerdings einigen Einfluss. Indem ihre Grösse sich nur unter gewissen Voraussetzungen nachweisen lässt, diese Voraussetzungen aber gemeinhin sehr unsicher sind, so kann hier abgesehen werden. Es wäre nur der eine Fall zu erwähnen, wobei der Wasserbedarf für das Durchschleusen der Masse sich sehr ermässigt, auch wohl ganz aufhört.

Wenn alle Schiffe leer herauf- und beladen herabgehn, wie es nicht selten geschieht, und namentlich vorkommt, sobald der Kanal zum Transporte der Producte des Bergbaues dient, so entfällt der Werth von  $m$  für die heraufgehenden Schiffe nur dem Lichte des Schiffes, für das herabgehende dagegen dem Gewichte der Ladung und des Schiffes. Die Wassermenge, deren Licht dem des leeren Schiffes gleich ist, sei  $m$ , und diejenige, so schwer ist, wie die Ladung, gleich  $\mu$ . Man muss alsdann an oben gefundenen Werth des Wasserbedarfes für das herabfahrende Schiff  $m + \mu$  für  $m$  einführen. Nimmt man nun an, der Verkehr so eingerichtet ist, dass die Schiffe abwechselnd in einen und der andern Richtung durch die Schleuse gehn, so der ganze Bedarf für den doppelten Durchgang gleich  $M$  ist, und derselbe wird gleich Null, wenn

$$M = \mu$$

In der Wirklichkeit kommt dieser Fall wohl niemals vor, denn die Schiffe auch eine solche Form haben, dass sie möglichst Schleusenkammer füllen, und mit senkrechten Seitenwänden grösserem Zuschärfung, also mehr kastenförmig gebaut sind, dass ihr horizontaler Querschnitt doch immer merklich kleiner, als der der Schleusenkammer bleiben, weil sie sonst nicht hineingebracht und herausgebracht werden könnten. Das äusserste Verhältniss beider dürfte etwa 5 : 6 sein. Bezeichnet nun  $h$  das Wassengefälle und  $t$  die Tiefe, um welche das Schiff während Beladung herabsinkt; so müsste man haben:

$$6 \cdot h = 5 \cdot t.$$

Setzt man nun an, dass  $t$  gleich 3 Fuss wäre, oder das beladene Schiff 3 Fuss tiefer ginge, als das leere, so dürfte das Wassengefälle doch nur  $2\frac{1}{2}$  Fuss betragen, wenn der Wasserbedarf beim Durchschleusen ganz aufhören sollte. Um diese Grösse zu erreichen, wäre man daher gezwungen, das vorhan-



dene Gefälle auf sehr viele Schleusen zu vertheilen, und theils die Anlage- und Unterhaltungs-Kosten ansehnlich zu grössern, theils aber den Durchgang der Schiffe durch denselben vielfach zu unterbrechen, und sehr zu verzögern.

Bei Anwendung beweglicher Schleusenkammern lässt sich die Aufgabe viel vollständiger lösen, denn indem dieselben sich wechselnd an das Ober- und Unterwasser ohne merkliche Niveau-Differenz anschliessen, so wird der Werth von  $h$  beinahe Null, und  $\mu$  ist daher jedesmal grösser als  $M$ , woher das Wasser sogar vom Unterwasser gespeist wird (§. 113).

Liegen mehrere Schleusen hintereinander, die auf dieselbe Weise benutzt werden und unter sich gleich sind, so ist der Wasserbedarf der einen eben so gross, wie der der andern. Der Speisegraben darf nur so viel liefern, wie jede einzelne Schleuse braucht. Hiernach kann man leicht den Wasserbedarf für die Speisung eines Kanales mit Abhängen nach beiden Seiten zu bestimmen, wenn erforderlich ist. Gerade dieser Fall ist der wichtigste, in welchem die Beschaffung eines hinreichenden Zuflusses nach der Schiffstrecke, oder nach der Wasserscheide zwischen zwei Flussgegenden immer die grössten Schwierigkeiten macht. Es sollen aber auch bei den verschiedenen Beladungen der einzelnen Schiffe nicht berücksichtigt werden, da es sich im Allgemeinen nicht bestimmen lässt, ob die Schiffe beladen in der einen, oder der andern Richtung fahren. Auch ergibt sich bereits aus dem Vorstehenden, dass die von den Schiffen verdrängten Wassermassen  $m$  nicht so gross sind, wie sich bei den üblichen Schleusen-Gefällen von wenig Beladung herausstellt, theils aber auch beim Hin- und Hergange der Schiffe, wenn sie dieselben bleiben, ganz aus der Rechnung fallen. Die nachfolgende Untersuchung soll sich daher allein auf die Wassermassen beziehen, die zum Füllen der Schleusenkammern erforderlich sind.

Wenn ein Schiff durch den Kanal fährt, während ein anderes ihm in gleicher Richtung vorangegangen ist, so findet dasselbe beim Ansteigen nach der Scheitelstrecke die sämtlichen Schleusen gefüllt. Es fliesst daher jedesmal 1  $M$  in das Unterwasser, und eben soviel muss das Oberwasser abgeben, um das Schiff in jeder Schleuse zu heben. Die Scheitelstrecke ist also, was das Wasser betrifft, dasselbe, als das Oberwasser der letzten Schleuse, daher



Die sie die Wassermasse  $M$ , sobald das Schiff  $s$  erreicht hat, dem andern Abhänge des Kanals sind alle Schleusen entgegen. Bevor das Schiff in die erste Schleuse hineintreten kann, diese daher gefüllt werden, oder die Scheitelstrecke muss  $1 M$  abgeben, und dieselbe Masse fließt beim Herabgehen des Schiffes in die nächste Strecke. Dasselbe geschieht allen folgenden. Der Wasserstand ist sonach in allen einzelnen Strecken der beiden Abhänge derselbe geblieben, der er früher war, da in jedem dieselbe Masse hinzugekommen und abgegangen ist. Nur die Scheitelstrecke hat  $2 M$  verloren.

Wenn dagegen das vorhergehende Schiff in entgegengesetzter Richtung gefahren war, so findet das folgende Schiff in allen Schleusen den Wasserstand, den es zum Einfahren gebraucht. Während es ansteigt, fließt daher kein Wasser in die vorhergehende Strecke, wohl aber wird bei jeder Schleuse  $1 M$  aus dem Wasser entnommen, um das Schiff zu heben. Eben soviel auch die Scheitelstrecke abgeben, sie erleidet aber keinen Verlust, während das Schiff die erste Schleuse des andern Abhanges durchfährt, weil diese bereits gefüllt war. Der Inhalt der Schleuse fließt in die nächste Strecke ab, und dasselbe geschieht bei Durchgange durch jede folgende Schleuse. Die Scheitelstrecke hat sonach in diesem Falle nur  $1 M$  eingebüßt, während jede Strecke des ersten Abhanges eben soviel zugeflossen, und jeder des zweiten Abhanges eben soviel entnommen ist. Die Wasserstände auf beiden Abhängen haben sich daher etwas verändert.

Es ergibt sich sonach aus der Betrachtung des ganzen Kanals dasselbe Resultat, welches bei der einzelnen Schleuse sich schon festgestellt hatte, dass es nämlich vortheilhafter ist, wenn die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, als wenn sie einander folgen. Nichts desto weniger tritt dieser Vortheil doch nicht in allen Fällen ein. Die letzte Untersuchung zeigt schon, dass bei abwechselnder Richtung der Schiffe die Wasserstände nicht denselben Wasserstand behalten, ihr Inhalt mehr bald durch eine Füllmasse Wasser vergrößert, und bald eben soviel vermindert wird. Bei längeren Strecken ist dieser Verlust ohne Bedeutung, doch kann er von Wichtigkeit sein, wenn die Strecke nur kurz ist. Er verändert aber bei gekup-

pelter Schleusen vollständig das Resultat der frühern Untersuchung. Die einzelnen Kammern einer gekuppelten Schleuse für diese Untersuchung nichts andres, als besondere Schleusen, die aber zwischen sich keine Kanalstricke haben, welche Überschuss des zufließenden Wassers aufnehmen, oder der zur Füllung der untern Kammer hergehen könnte.

Zur nähern Prüfung des Einflusses der gekuppelten Schleusen auf den Wasserbedarf mag beispielsweise angenommen werden, dass jeder Abhang des Kanales mit einer solchen versehen wird, und die auf dem östlichen Abhange aus drei Kammern, und die auf dem westlichen aus zweien. Das Beispiel genügen, das ganze Verhältniss aufzuklären und zur Bestätigung der allgemeinen Regel dienen.

Es sei ein Schiff in der Richtung von Osten nach Westen gefahren, und ein zweites folge ihm. Dieses wird beim Vorübergehen alle Schleusen, sowie auch die drei zur gekuppelten Schleuse gehörigen Kammern gefüllt antreffen. Um das Schiff in die obere Kammer hineinbringen zu können, muss man den Inhalt der unteren Kammer ins Unterwasser ablassen. Nachdem das Schiff darin ist, wird die untere Kammer aus der zweiten gefüllt, wodurch sich letztere leert, so dass das Schiff in diese treten kann. In gleicher Weise gelangt es in die obere Kammer, und aus dieser in die obere Kammer der gekuppelten Schleuse. Die folgende Kanalstricke also nur eine Füllmasse ab. In dem westlichen Abhange wird die Schleusen entleert. Sobald das Schiff an die gekuppelte Schleuse kommt, muss aus dem Oberwasser derselben eine Füllmasse genommen werden, um die obere Kammer zu füllen. Sobald darin ist, fließt dieselbe Füllmasse in die zweite Kammer, und genügt hier, um den Durchgang des Schiffes zu bewirken. Man überzeugt sich aber leicht, dass, wenn die Schleuse aus mehreren Kammern hätte, dieselbe Wassermasse den Durchgang aller vermitteln würde. Für den Fall, dass die Schiffe in derselben Richtung folgen, ist es daher ganz gleichgültig, ob gekuppelte oder nur einfache Schleusen im Kanale liegen. Der Wasserverlust beträgt in beiden Fällen 2 M.

Wenn dagegen die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzte Richtung durch den Kanal fahren, so findet jedes Schiff eine Schleuse in dem Zustande, dass es sogleich hineingezogen

Es mag wieder ein von Osten nach Westen gehendes Schiff betrachtet werden. Dasselbe tritt unmittelbar in die untere Kammer der gekuppelten Schleuse. Damit es aber in derselben stehen werde, muss die Kammer gefüllt werden, und das dazu erforderliche Wasser lässt sich weder aus der nächsten, noch aus der dritten Kammer entnehmen, weil beide leer sind. Es bleibt nur übrig, dieses aus dem Oberwasser durch beide Kammern hindurchfliessen zu lassen. Das Schiff gelangt alsdann in die zweite Kammer, während die obere wieder leer ist. Aus dem Wasser der Schleuse muss daher wieder eine Füllmasse abgenommen werden, und dasselbe geschieht endlich noch zum dritten Mal, während das Schiff vollends zur Höhe des Oberwassers ansteigt. Es ergibt sich augenscheinlich, dass in diesem Falle die Füllmasse so oft abgegeben werden muss, als die gekuppelte Schleuse Kammern enthält. Die davor liegende Kanalstrecke kann den Verlust aber nicht tragen, wenn er nicht durch verstärkten Fluss ersetzt wird, weil derselbe Verlust bei jedem Aufsteigen eines Schiffes unter denselben Verhältnissen sich immer wiederholt.

Sollten aber vielleicht in demselben Abhange mehrere gekuppelte Schleusen vorkommen, so würde unter der Voraussetzung, dass die zwischenliegenden Kanalstrecken hinreichende Ausdehnung haben, um die ganze Wassermenge der einmaligen Schleusenung aufnehmen oder abgeben zu können, der Mehrbedarf der einen gekuppelten Schleuse auch von der andern benutzt werden, und dem Oberwasser dürften nur so viel Füllmassen entnommen werden, als diejenige gekuppelte Schleuse Kammern enthält, bei der diese Anzahl am grössten ist. Nach dem gewählten Beispiel würde das Aufsteigen eines Schiffes im östlichen Abhange 3 Füllmassen erfordern, im westlichen dagegen nur 2, also durchschnittlich  $2\frac{1}{2}$ .

Beim Herabgehn findet das Schiff alle Kammern gefüllt, daher kein Zufluss aus der Scheitelstrecke erforderlich; es ergiessen sich aber grosse Wassermassen in die untern Kanalstrecken, welche den daselbst befindlichen einfachen Schleusen nicht verbraucht werden, die man folglich durch die Schütze ablassen muss, um die Strecken zu entlasten.

Wenn sonach die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen fahren, und der Kanal in beiden Abhängen gekuppelte

Schlensen hat, so findet man den durchschnittlichen Wasserbedarf, wenn man die Füllmasse mit dem arithmetischen Mittel aus denjenigen Zahlen multiplicirt, welche der grössten Anzahl der jedem Abhange zu einer gekuppelten Schleuse verbundenen Kammern entsprechen. Bestehn die gekuppelten Schleusen jedoch nur aus zwei Kammern, und befinden sich solche auf beiden Ufern, so ist der Wasserbedarf eben so gross, wenn die Schleusen in derselben, als wenn sie abwechselnd in verschiedenen Richtungen gehn. Er ist aber, da Krenzungen doch oft vorzukommen pflegen, schon bedeutender, als wenn der Kanal nur mit einfachen Schlensen versehen wäre. Viel ungünstiger wird aber das Verhältniss, wenn auch nur eine einzige Schleuse mehr als zwei Kammern hat.

Es ergibt sich hieraus der grosse Nachtheil der gekuppelten Schleusen auf einem Kanale, der nur mässige Zuflüsse erhält. Augenscheinlich tritt aber beinahe derselbe Uebelstand ein, wenn man einfache Schleusen so nahe hinter einander erbaut, dass die zwischenliegenden Strecken nicht hinreichende Ausdehnung haben, um eine oder mehrere Füllmassen aufnehmen, oder abgeben zu können, ohne dass das Wasser in nachtheiliger Weise ansteigt, oder die zur Schiffahrt erforderliche Tiefe sich verliert. Die Frage, wie lang eine Kanalstrecke sein muss, damit diese Nachteile nicht eintreten, lässt sich unter Voraussetzung bestimmter Verhältnisse leicht beantworten. Der Kanal sei beispielsweise im Wasserspiegel 60 Fuss breit, die Schleusenkammern dagegen 130 Fuss lang 17 Fuss breit, und das Gefälle einer Schleuse betrage 8 Fuss. Der Werth einer Füllmasse wird dann 17680 Cubikfuss sein. Wenn diese aber den Wasserspiegel des Kanales nicht mehr als einen Zoll heben oder senken darf, so muss die Länge der Strecke mindestens 3536 Fuss, oder etwas mehr als den siebenten Theil einer Meile betragen. Senkt sich der Boden so stark, dass man die einzelnen Kanalstrecken nicht so lang machen kann, so lässt sich noch durch Verbreiterung des Kanales dieselbe Bedingung erreichen. Man darf nämlich nur die Breite in demselben Verhältnisse wachsen lassen, wie die Länge der Strecke sich verkürzt. Könnte man vielleicht in dem gewählten Beispiele die Länge der zwischenliegenden Kanalstrecken nur halb so lang machen, als vorstehende Rechnung ergibt,



man durch Verdoppelung der Breite denselben Vortheil er-  
reicht, dass nämlich eine Füllmasse den Wasserspiegel nur um  
einen Zoll erhebt. Bei Beschreibung des Marne-Rhein-Kanales  
ist bereits erwähnt worden, dass man dieses Mittel auf dem Ab-  
schnitt, der dem Rhein zugekehrt ist, gewählt hat, um den Wasser-  
stand beim Durchgange der Schiffe durch die hier ziemlich nahe  
gelegenen Schleusen nicht zu gross werden zu lassen.

Bei der verschiedenen Länge der einzelnen Kanalstrecken,  
der Verschiedenheit ihrer Wasserverluste durch Filtration,  
auch bei der unvermeidlichen Unregelmässigkeit des Schiff-  
betriebes kann es nicht fehlen, dass einzelne Strecken eine  
besondere Speisung erfordern, als andre. Das dazu nöthige Wasser  
wird von den Bächen, die jedoch nur hin und wieder dem Kanale  
zufließen, hergenommen, und keineswegs jede einzelne Strecke unmittel-  
bar ihrem Bedarf versehen. Man muss daher die Schütze in  
den zwischenliegenden Schleusen häufig ziehen, um in jeder Strecke  
den normalen Wasserstand darzustellen; und dieses Bedürfniss  
tritt so öfter ein, je kürzer die Strecken sind, weil um so  
leichter eine Ausgleichung alsdann möglich ist. Auf einem Theile  
des Kanals, da Centre, wo die Schleusen sehr nahe liegen, war  
wegen der Strecken wegen des ungleichmässigen Wasser-  
verbrauches besonders schwierig, und indem die Wärter nicht  
genügende Aufmerksamkeit hierauf verwendeten, so wurde die  
Schiffahrt zuweilen dadurch wesentlich behindert. Man führte  
neben dem Kanale noch eine besondere Anlage aus, die  
zweckens ein übermässiges Anschwellen des Wassers in den  
einzelnen Kanalstrecken verhinderte. Es wurde nämlich ein Seiten-  
graben gezogen, der mit jeder Strecke in offener Verbindung stand,  
unmittelbar hinter jeder Abzweigung eines solchen Verbindungs-  
grabens mit einem Wehr versehen war, welches den Wasser-  
stand normirte. Wenn nun in eine Strecke so viel Wasser  
kam, dass der normale Wasserstand überschritten wurde,  
so trat ein Theil sogleich über das nächste Wehr im Seiten-  
graben nach der nächsten Strecke ab. War diese aber schon  
voll, so setzte es über das folgende Wehr seinen Weg weiter.  
Das Speisewasser wurde auch nicht mehr unmittelbar in  
den Kanal, sondern in den Seitengraben geleitet, und dieser setzte  
es an diejenigen Strecken ab, die dessen bedurften. Diese



Einrichtung ist als sehr zweckmässig anerkannt, die hohen Kosten derselben und die vermehrte Filtration dürften Anwendung indessen wohl nur in seltenen Fällen gestatten.

Der Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe nach der vorstehenden Untersuchung durch ein gewisses Verhältniss der Füllmasse ausgedrückt, man kann daher den Bedarf berechnen, sobald man den Werth der Füllmasse ermittelt. Dieser ist das Product aus dem horizontalen Querschnitt der Kummer in das Schleusengefälle. Der erste Factor ist durch die Grösse der Schiffe bedingt, kann also nicht willkürlich verändert werden, dagegen ist das Schleusengefälle beliebig zu wählen, da man eine gegebene Höhe auch mittelst Schleusen von geringem Gefälle ersteigen kann, wenn nur ihre Anzahl in demselben Verhältnisse vergrössert wird, wie das Gefälle sich verkleinert. In sparsamen Zuflüssen verdient dieser Umstand allerdings berücksichtigt zu werden, und es wäre gewiss sehr unpassend, wenn man in solchem Falle, also namentlich in der Nähe der Mündung, Schleusen mit sehr starkem Gefälle erbauen wollte. Auf der andern Seite darf man aber in dieser Vorsicht auch nicht zu weit gehen, denn wenn es auch nicht in Abrede gestellt werden kann, dass Schleusen von schwächerem Gefälle etwas wohlfeiler werden, so vertheuert sich doch die ganze Anlage in hohem Grade, wenn die Anzahl der Schleusen sich bedeutend vergrössert. Ausserdem wird in diesem Falle der Durchgang der Schiffe durch den Kanal auch sehr verzögert, und selbst vertheuert, indem der Lauf bei jeder Schleuse unterbrochen werden muss.

Die Seiten-Bassins an den Schleusen, von denen (§. 112) die Rede war, haben keinen andern Zweck, als die hohen Gefälle in mehrere kleinere zu zerlegen, wodurch die Füllmasse und in gleichem Verhältnisse der Wasserbedarf vermindert wird. Die eben erwähnten Uebelstände, welche bei der Vertheilung des Gefälles auf eine grössere Anzahl von gewöhnlichen Schleusen eintreten, zeigen sich indessen auch bei den Schleusen mit Seitenbassins. Ihre Anlage und Unterhaltung wird viel kostbarer, indem der Abfluss oder Zufluss von oder nach einem Seitenbassin nicht früher unterbrochen werden darf, bis auf beiden Seiten der Kanal den selben Wasserspiegel sich dargestellt hat, weil der Vorthheil der Bassins nur sehr unvollständig erreicht werden

vert die Füllung und Entleerung der Schleuse wieder eine oder grössere Zeit. Nichts desto weniger sind beide Uebel in diesem Falle doch nicht so erheblich, als wenn man alle in mehrere besondere Schleusen vertheilt hätte. Es noch daran erinnert werden, dass der Wasserbedarf zum Schliesssen der Schiffe, auf dessen Verminderung diese Vorrichtung beziehn, nur bei lebhafter Schifffahrt von Erheblichkeit, bei geringem Verkehr dagegen von dem Wasserverluste die Filtration gemeinlich übertrifft. Hiernach kann auch beide in Rede stehende Mittel den Wasserbedarf nur geringen, wenn man den Verkehr, der gerade in diesem Falle oft vorausgesetzt werden muss, etwas behindert, indem der Durchgang durch die Schleusen verzögert. Die Schleusen mit Seitenbassins und stärkerem Gefälle bieten indessen die Gelegenheit, diese Verzögerung nur eintreten zu lassen, wenn die zum Kanale sich vermindern. Man kann bei hinreichender Wassermenge die Seitenbassins abschliessen und die Schleuse in der Art, wie eine gewöhnliche Schleuse gebrauchen, also die Schiffe schnell befördern. Wenn aber in trockner Jahreszeit der Wasserspiegel hierzu nicht mehr genügt, so kann mit Hilfe der Seitenbassins die Schifffahrt dennoch erhalten werden, wenn es noch möglich ist, ihr noch dieselbe Bequemlichkeit, wie bei der gewöhnlichen Schleuse zu bieten. In dieser Beziehung dürfte die Anlage von Schleusen mit Seitenbassins und zwar für solche Theile eines Kanals, die nur spärlich gespeist werden können, sich allerdings empfehlen.

Nachdem die verschiedenen Ursachen des Wasserverlustes bekannt sind, mag noch beispielsweise die Grösse des ganzen Wasserbedarfs und zwar zur Zeit der grössten Dürre angegeben werden. Jedenfalls muss die Scheitelstrecke entweder durch einen Bach, oder durch einen Graben, der aus einem Reservoir mit Wasser erhält, gespeist werden. Dieser Zufluss versorgt die nächst anliegenden Strecken auf beiden Abhängen, und in grösserer Tiefe noch andre Bäche dem Kanale zuzuführen. Die Gesammtlänge derjenigen Strecken, die keinen eigenen Zufluss erhalten, als den in die Scheitelstrecke mündenden, beträgt 4 Meilen. Der Kanal sei im Wasserspiegel 50 Fuss hoch. Die Schleusenkammern seien 100 Fuss lang und 16 Fuss

breit, und die Nivaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser in jeder Schleuse 8 Fuss. Endlich werde angenommen, dass jedem Tage 20 Schiffe den Kanal passiren, die eben so hintereinander folgen, als sie sich vor einer Schleuse kreuzen. Jedes Schiff bedarf daher zu seinem Durchgange durch den Kanal 14 Füllmassen.

Hieraus ergiebt sich der tägliche Wasserbedarf in folgender Weise:

- 1) Der Verlust durch Verdunstung

$$4 \cdot 24000 \cdot 50 \cdot \frac{1}{17} \cdot \frac{1}{6} = \dots 66,667 \text{ Cub. Fuss}$$

- 2) Desgleichen durch die Filtration, wenn dieser den Wasserstand täglich um 1 Zoll vermindert,

$$4 \cdot 24000 \cdot 50 \cdot \frac{1}{17} = \dots 400,000$$

- 3) Der Abfluss durch die geschlossenen

$$\text{Schleusenthore } \frac{1}{4} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = \dots 21,600$$

- 4) Der Bedarf zum Durchschleusen der

$$\text{Schiffe } 1\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 16 \cdot 8 \cdot 20 = \dots 384,000$$

---


$$\text{Summe } 872,267 \text{ Cub. Fuss}$$

Es ist daher erforderlich, dass in der Secunde 10,1 Cub. Fuss Wasser zufließen. Das Gebiet, auf dem diese Quellen gesammelt werden müssen, muss jedenfalls mehrere Quadratmeilen enthalten, und grösser sein, je weniger Waldungen darin vorkommen, und je mehr es sich in gutem Culturzustande befindet. Von den Bassins, in denen man das Wasser bis zur Zeit der Dürre ansammelt, darf man aber nicht zu viel versprechen, indem sie gemeinhin ihren Zweck durch Verdunstung und Filtration grossentheils verlieren, und daher während der Dürre nicht wesentlich zur Speisung des Kanals beitragen.

### §. 120.

#### Wahl der Kanallinie.

Wenn das Project zu einem neuen Kanale aufgestellt werden soll, so sind die beiden Endpunkte desselben durch den Verlauf der ganzen Anlage mehr oder weniger bestimmt vorgegeben. In einzelnen Fällen wird jedoch nur die Verbindung zweier in gewissen Gegenden beabsichtigt, und dem Baumeister

Vorarbeiten beauftragt ist, bleibt es alsdann ganz überlassen, die beste Linie aufzusuchen, welche die wenigsten Anlagekosten erfordert und die grösste Sicherung des Verkehrs verspricht. Er ist dann in seiner Wahl nicht durch die Bedingung beschränkt, dass der Kanal an gewissen vorher bestimmten Stellen in die Landschaft treten soll. Dagegen geschieht es auch zuweilen, dass die Aufgabe viel bestimmter gefasst, und selbst Zwischenpunkte bezeichnet werden, über welche der Kanal gezogen werden muss, nach bestimmten Bestimmungen, obwohl sie sich gewiss rechtfertigen, wenn sie überaus störend sein, und Veranlassung geben, dass der Kanal mit wesentlichen Mängeln behaftet bleibt, die durch eine andere Linie leicht zu vermeiden gewesen wären. Minard führt in dieser Beziehung mehrere Kanäle Frankreichs als Beispiele an.

Die verschiedenen Umstände, die bei der Wahl der Linie zu berücksichtigen werden müssen, sind zum Theil bei allen Kanälen vorhanden, mögen diese entweder nur auf kurze Strecken neben dem schiffbaren Flusse gezogen sein, etwa um ein Wehr zu umgehen, oder mögen sie vielleicht nach einem vom Flusse entfernten Handelsorte führen, oder aber die Verbindung zwischen zwei schiffbaren Strömen darstellen; zum Theil aber erhalten sie eine grosse Bedeutung nur in dem letzten Falle, wenn nämlich der Kanal über eine hochgelegene Wasserscheide zwischen zwei Gegenden geführt werden soll. Es darf demnach hier dieser Fall vorausgesetzt werden. Er bietet die Gelegenheit, den Verlauf der Untersuchung und die Gründe der Entscheidung für eine getroffene Wahl, sowohl des ganzen Zuges, als der einzelnen Theile desselben, vollständig zu erörtern.

Vorher muss aber noch bemerkt werden, dass die Wahl der Linie vorzugsweise durch die Höhenlage des Terrains bedingt ist, indem man sonach das dem Kanale zu gebende Längenprofil aus dem Querschnittsprofil hiervon getrennt bestimmen kann. Beide Untersuchungen sind aufs Innigste mit einander verbunden, indem man sich für eine gewisse, durch die horizontale Projektion bezeichnete Linie entscheidet, so ist auch zugleich über das Längenprofil des Kanales, also über die Höhenlage der verschiedenen Strecken und über die Vertheilung der Schleusen und deren Abstände ein bestimmter Entschluss gefasst.



Der Kanal besteht aus einzelnen Theilen, die mit stehendem Wasser gefüllt, horizontale Wasserflächen bilden, und durch zwischenliegende Schleusen von einander getrennt sind. Man nennt diese Theile Kanalstrecken oder Kanalhaltungen. Die höchste derselben, die auf der Wasserscheide liegt, und von welcher sich die beiderseitigen Abhänge des Kanales anschliessen, heisst die Scheitelstrecke. Jede Kanalstrecke wird von dem nächst oberhalb belegenen mit Wasser versehen, wozu die Seitenzuflüsse kommen, die hin und wieder zur Verstärkung der Speisung angebracht sind. Den unteren Strecken eines Kanales kann man gemeinhin sehr leicht das erforderliche Wasserquantum zuführen, aber die gehörige Speisung der Scheitelstrecke ist in den meisten Fällen der schwierigste Theil der ganzen Aufgabe. Die Lage der Quellen und Bäche zur Seite der Wasserscheide hat den wesentlichsten Einfluss auf die Wahl der Linie.

Besteht die Wasserscheide aus einer sumpfigen Ebene, oder vielleicht noch Seen liegen, wie dieses in Preussen und ganz Nord-Deutschland sich vielfach wiederholt, so ist die Lage, die sich zum Uebergange am meisten eignet, leicht zu finden. Man darf nur den höchsten Rücken der Wasserscheide durch ein Nivellement verfolgen, und die tiefste Einsenkung darin aufsuchen. In einer solchen findet der Kanal den passendsten Uebergang, weil er hier durch die Quellen der höherliegenden Theile der Wasserscheide am leichtesten gespeist werden kann, und ausserdem ist es auch vortheilhaft, die Scheitelstrecke möglichst niedrig zu halten, weil dadurch die geringste Anzahl von Schleusen in den beiderseitigen Abhängen bedingt wird.

Auch in dem Falle, dass ein hoher Gebirgskamm die beiden Stromgebiete von einander trennt, pflegte man sonst in ähnlicher Weise zu verfahren, doch war alsdann die Schwierigkeit in Betreff der Speisung der Scheitelstrecke immer sehr gross, und man sah sich gezwungen, eine grosse Anzahl von Reservoiren in den Thälern umher anzulegen, und diese zum Theil durch sehr lange Zuleitungsgräben mit dem Kanale in Verbindung zu setzen, wodurch indessen, wie bei dem Kanal du Midi, der Zweck dennoch nur höchst unvollständig erreicht wurde. Gekünstelt sind unterirdische Kanalstrecken in grosser Anzahl ausgeführt, und namentlich im Felsboden bietet ihre Anlage keine übermässige



Schwierigkeiten. Man sucht daher für den Kanal nicht mehr die Stelle auf, wo der Kamm am niedrigsten, vielmehr wo er am schmalsten ist, wo man also mit dem kürzesten Stollen ihn durchschneiden kann. Dieses Verfahren bietet den überwiegenden Vortheil, dass die Scheitelstrecke viel niedriger liegt, also ihre Sicherung in weit höherem Grade gesichert ist, auch die Anzahl der Schleusen in den beiderseitigen Abhängen sich vermindert.

Bei Aufsuchung des Uebergangs-Punktes kommt es indessen nicht allein auf die Form des Kammes, sondern auch auf die Gestalt der Thäler an. Man ist gezwungen, beim Ansteigen eines Berges die letztern zu verfolgen, weil sonst die Anlage eines Kanals wegen der Unebenheiten des Bodens zu schwierig wäre. Die Höhe der Betten und das Thal eines Baches gewährt immer die wesentliche Erleichterung, dass das Gefälle, wenn auch bald stärker, bald schwächer, doch dauernd nach der Thalseite gekehrt ist; ein wechselndes Steigen und Fallen darin also nie vorkommt. Außerdem sind diese Gefälle, obwohl sie mitunter auch sehr bedeutend sind, doch denjenigen nicht zu vergleichen, die man öfters antrifft, wenn man neben den Betten der Bäche den Kamm vom Kamme des Gebirges herabführen wollte. Dazu kommt noch, dass ein Kanal, der in unebenem Boden keineswegs durch einen Einschnitt dargestellt werden kann, sondern oft durch Dämme an beiden, oder wenigstens an einer Seite versehen werden muss, ohne brauchbare Erde gar nicht ausgeführt werden kann. Solche findet man aber oft nur in den Thälern. Das Gefälle und die verschiedenen Brocken des verwitterten Gesteines werden eben so wenig zur Darstellung eines wasserdichten Kanals zu benutzen sein, als der Kanal wenn er darin ausgegraben wäre, das Wasser halten könnte.

Man ist daher in vielen Fällen gezwungen, den Kanal auf beiden Seiten des Gebirges in den Thälern herabzuführen, und kommt darauf an, diese Thäler möglichst bald zu erreichen, so dass sie durch den Stollen unmittelbar mit einander in Verbindung gesetzt werden. Hiernach dürfte es scheinen, dass besonders solche Stellen für den Uebergang sich eignen, wo auf beiden Seiten des Kammes Quellen liegen, deren Thäler normal gegen die Richtung des Gebirgszuges gekehrt sind, also ungefähr in dieselbe gerade Linie fallen. Es kommen indessen häufig noch ungünstigere Verhältnisse vor.

hältnisse vor. Nicht selten entspringen nämlich auf der Stelle des Kammes zwei Quellen, auf jedem Abhange von sich indessen nicht sogleich in die Tiefe stürzen, vielmehr zur Seite des Kammes und zwar mit demselben parallel, dem auch beide in einer Richtung fliessen. Je länger die Richtung behalten, um so tiefer werden ihre Thäler, umgrösser ist die Wassermenge, die sie führen. Wenn man möglichst weit abwärts die Verbindung zwischen beiden ehe sie stark divergiren; so hat man die Scheitelstrecke um so tiefer verlegt, und deren Speisung zugleich mehr.

Ein andrer Fall, der sich auch häufig vorfindet, ist die beiderseitigen Bäche zwar parallel, aber in entgegengesetzten Richtungen fliessen. Man hat alsdann nicht den Vortheil, man durch die Verlegung des Stollen nach der einen Seite die Bäche möglichst tief abfängt, aber auch diese Thalbildung ist noch immer viel günstiger, als wenn die Thäler schon im Anfange divergirende Richtungen haben. Bei den in neuerer Zeit in Frankreich ausgeführten Kanälen hat man immer abweichende Verhältnisse aufgefunden und benutzt.

Die Betrachtung einer Charte, welche die Bäche und Thäler des Gebirges darstellt, wird hiernach schon zu einem gefähren Urtheil über die passendste Wahl der Uebergänge führen, wenigstens aufmerksam machen, wo man solche mit Erfolg suchen darf. Jedenfalls bleibt aber eine genaue Untersuchung des Terrains nothwendig, und eben so wie es, die Resultate derselben so übersichtlich zusammenzufassen, dass man die Höhenlagen der einzelnen Punkte mit Sicherheit der Charte entnehmen, und sonach leicht eine Vergleichung verschiedener Linien anstellen kann. Eine Besichtigung der Stellen, auf welche man durch die Gebirgs-Charte aufmerksam werden ist, verbunden mit ungefährer Höhen-Bestimmung der wichtigeren Punkte, geht der Aufnahme voran, indem es sich schon hieraus ergibt, dass einzelne dieser Stellen ganz unbrauchbar sind, und deshalb keine weitere Berücksichtigung verdienen. Die übrig bleibenden werden alsdann speciell aufgenommen, muss in den Charten zugleich die Abdattung und Höhenlage des Terrains angegeben werden. Dieses geschieht am zweckmässigsten in der schon früher (§. 25) bezeichneten Art, indem

Schnittlinien gewisser horizontaler Ebenen getragen werden. Man kann bei der ersten Aufnahme sich dabei begnügen, diese Ebenen in bedeutender Höhe, etwa von 10 über einander zu legen, um zunächst im Allgemeinen die besten Stellen für den Kanal zu ermitteln, während die Bestimmung mehrerer Zwischenlinien einer genaueren Messung vorbehalten bleibt, die sich nur auf die nächsten Umgebungen der erst gewählten Kanallinie erstrecken darf. Man wird die erste Aufnahme auch nicht weiter ausdehnen, als es nöthig ist; sie also jene Thäler und auf diejenigen Grenzen der Höhe beschränken, innerhalb deren die Anlage des Kanales mit Berücksichtigung der Umstände überhaupt noch möglich erscheint. Dabei ist es nothwendig, zu beiden Seiten des Bergkammes gleiche horizontale Ebenen zu wählen, zu welchem Zwecke ein genaues Element hierüber geführt werden muss. Letzteres lässt sich auf sehr steilen Abhängen leichter trigonometrisch mit Winkel-Instrumenten, als mit der einfachen Libelle und dem Fernrohre führen.

Das Verfahren, welches man anwendet, um die Schnittlinien horizontalen Ebenen auf dem Terrain zu finden, ist, wie nicht anders sein kann, etwas mühsam, weil eine sehr grosse Menge von Punkten bestimmt werden muss, um die einzelnen Linien in der Charte richtig eintragen zu können. Die Auffindung der hoch liegenden Punkte ist aber sehr leicht, wenn man das gehörig berichtigte Nivellir-Instrument auf eine vortretende Uferecke stellt, von welcher man einen grossen Theil des Abhanges, den man aufnehmen will, übersehn kann. Die horizontale Ebene, in der das Fadenkreuz des Fernrohrs liegt, überträgt sich auf den wahren Horizont, indem man das Fernrohr mit der Libelle um die vertikale Axe des Instrumentes dreht, wobei freilich Strahlenbrechung und Krümmung der Erde unbeachtet bleiben, die auch der That für die kleinen Entfernungen, in welchen man visirt, keine Bedeutung sind. Auf die Thalwände, deren Höhenlage untersucht werden soll, schickt man einen Gehülfen mit einer gehörigen Anzahl von Pfählen, und lässt ihn auf ein gegebenes Zeichen in kurzen Abständen jedesmal einen Pfahl an der Stelle in den Boden stossen, wo letzterer gerade durch das Fadenkreuz geschnitten wird. Der horizontale Abstand der Pfähle unter sich

hängt von der Gestaltung des Bodens ab. Wo derselbe mässig geneigt ist, können sie vielleicht 5 Ruthen von einander entfernt sein, sie müssen aber viel näher gesetzt werden, wenn die Neigung sich stark verändert. Offenbar wird in einem Thale selten ein so günstiger Punkt zur Aufstellung des Instrumentes zu finden sein, von welchem aus man die ganze Linie übersehen kann. Man ist daher fast jedesmal gezwungen, das Instrument noch an einer zweiten, oder auch wohl an einer dritten Stelle in derselben Ebene aufzustellen. Zu diesem Zweck muss man schon bei der ersten Aufstellung einige Punkte scharf bestimmen, und alsdann das Instrument soweit heben oder senken, dass das Fadenkreuz in diese wieder genau einfällt.

Ist man mit der Bezeichnung der ersten Ebene fertig, so geht man zur zweiten über, und es ist Bedingung, dass die zweite ein bestimmtes Maass, also etwa um 10 Fuss höher oder tiefer sei. Um dieses zu erreichen, wird die Höhe der Aufstellung des Instrumentes so lange verändert, bis das Fernrohr in der absichtigten Höhe sich befindet. Dieses ist aber leichter zu erreichen, wenn man mit der untern Ebene anfängt, und dann nach zu den höher belegenen übergeht. Bei der ersten Aufstellung des Instrumentes bezeichnet man einen beliebigen Punkt der Horizontal-Ebene möglichst scharf, indem man etwa einen Pfahl so tief herabtreiben lässt, dass der Kopf desselben mit dem horizontalen Faden des Fernrohres berührt wird. Sobald man alsdann einen Stab, dessen Länge dem beabsichtigten Abstand der horizontalen Ebenen entspricht, lothrecht auf den Pfahl stellt, so bezeichnet das obere Ende des Stabes die zweite Ebene, und man muss das Instrument so lange vor- oder zurückstellen, bis der Faden dieses berührt. Zur Erleichterung dieses Verfahrens ist an dem Instrumente die Vorrichtung, dass man es selbst ohne das Stativ zu verstellen, etwa um 2 Zoll heben oder senken kann.

Nachdem die Schnittlinien auf dem Terrain abgemessen sind, kommt es darauf an, die markirten Punkte aufzunehmen, und dieses geschieht am leichtesten, wenn man die Lage der Punkte durch wiederholtes Einschnneiden bestimmt. Man kann zu diesem Zwecke eine oder auch wohl mehrere Linien in den bestimmenden Abhänge, und in den nicht weit von einander



an Stationspunkten stellt man die Boussole oder den Messtisch auf, und legt die Richtung jedes in der nächsten Umgebung stehenden Pfahls fest. Um diese Pfähle nicht mit einander zu verwechseln, müssen sie derselben, etwa der dritte oder fünfte in jeder Ebene, beson-  
 der bezeichnet werden. Ausserdem ist es aber noch nothwendig, diese Bezeichnungen anzubringen, wodurch man die zu ver-  
 schiedenen Ebenen gehörigen Pfähle sicher und leicht unterschei-  
 den kann. Hierzu empfiehlt sich besonders die Methode, die in Frank-  
 reich oft angewendet wird, dass nämlich diese Pfähle nicht senk-  
 recht, sondern sehr schräge in den Boden eingestellt werden. In  
 dieser Neigung lassen sich aber leicht sehr erkennbare Verschie-  
 denheiten einführen. Die Pfähle der einen Ebene werden so ge-  
 stellt, dass sie nach der Thalseite überhängen, die der andern  
 nach der Bergseite, wieder andere hängen in der Längsrichtung  
 der Thales über und zwar sind sie entweder der Strömung des  
 Wassers entgegen, oder mit derselben übereinstimmend gekehrt. Es  
 kann kaum darauf aufmerksam gemacht werden, dass man bei  
 der Stellung der Pfähle nicht nach deren Köpfen visiren darf,  
 sondern nach den Stellen, wo sie die Oberfläche des Bodens  
 schneiden. Wenn daher diese Stellen zufällig verdeckt sein soll-  
 ten, so muss man Signalstangen an den Fuss der Pfähle halten  
 lassen.

Die Verbindungslinien, welche man in die Charte zwischen  
 zu derselben Horizontal-Ebene gehörigen Punkten einträgt,  
 lassen sich leicht ohne weitere Messung nach dem blossen Augenschein  
 den entsprechenden Krümmungen versehn werden. Man be-  
 merkt nämlich sehr augenfällig, ob in den geringen Entfernungen  
 zwischen zwei gemessenen Punkten eine muldenförmige Vertiefung  
 oder eine rückenförmige Erhöhung liegt, oder mit andern Worten,  
 ob die Oberfläche concav oder convex gekrümmt ist. Im ersten  
 Falle wird die Höhlung der Schnittlinie der Thalseite, im zweiten  
 die Bergseite zugekehrt sein, und wenn endlich die Oberfläche  
 als Ebene darstellt, so ist die Schnittlinie eine gerade Linie.  
 Ist aber auch angemessen, in der Charte diese Schnittlinien  
 verschiedenartig zu bezeichnen, und zwar übereinstimmend auf den  
 verschiedenen Bergabhängen, damit man auf einen Blick die Hö-  
 hlagen richtig beurtheilen kann. Hierzu dienen entweder ver-  
 schiedene Färbungen, oder man kann auch die Linien schwächer



und stärker ausziehen, und sie verschiedenartig punkiren. Bei der Anbringung der Bergstriche ganz überflüssig, und sogar in hohen Grade nachtheilig ist, wurde schon früher nachgewiesen.

Die Charte, welche in solcher Art die Situation darstellt, gewährt eine so vollständige Uebersicht der Höhen-Verhältnisse, dass in dieser Beziehung nichts zu wünschen bleibt. Man kann daraus unmittelbar ersehen, an welchen Stellen der Bergkamm aus verschiedenen horizontalen Ebenen am schmalsten ist, und eine nähere Untersuchung der Charte, die jedenfalls die beiderseitigen Thäler noch hinreichend weit verfolgen muss, gestattet leicht ein Urtheil über die Höhenlage der Scheitelstrecke. Man wird sich darauf bedacht sein, diese soviel wie möglich zu senken, da gemeinhin ist das Terrain von der Art, dass die Ueberschreitung einer gewissen Grenze eine so übermässige Vermehrung der Erd- und Sprengungs-Arbeiten zur Folge hat, dass sie nach gewöhnlichen Begriffen unmöglich ist, und dadurch die so wahre Höhe sich ganz bestimmt herausstellt. Die Charte gewährt ausserdem ein sicheres Urtheil über die Einführung des Kanals in die Thäler, die er verfolgen soll. Zu scharfe Krümmungen müssen dabei vermieden werden, doch darf man hierbei nicht so fern so weit gehn, wie bei Eisenbahn-Anlagen, indem es darauf ankommt, dass die Schiffe bei ihrer langsamen Bewegung sich nicht gegenseitig hindern, wenn sie sich gerade in den Kurven begegnen sollten. Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser für die Mittellinie des Kanales ist daher durch die Grösse, und namentlich durch die Länge der Schiffe bedingt. In französischen Kanälen vermindert man diesen Halbmesser oft auf 100 Fuss, das Doppelte würde gewiss für alle Fälle möglich sein.

Endlich lässt sich aus der Charte auch leicht die Ausdehnung der Scheitelstrecke bestimmen. Man muss es unter allen Verhältnissen, so weit es geschehen kann, vermeiden, den Kanal über die Oberfläche des umgebenden Terrains zu legen, weil alsdann die Filtration viel stärker wird. Ganz besonders ist diese Rücksicht in der Scheitelstrecke von überwiegender Wichtigkeit, indem hier das Speisewasser am spärlichsten zutritt, und es am meisten an einer guten Erde zum Dirthen des Kanals gebricht. Andorseits dagegen ist es auch nothwendig, der Scheitel-

Strecke eine bedeutende Länge zu geben, damit sie als Reser-  
dien kann, und die Wasserverluste bei dem ungleichmässigen  
Durchschleusen der Schiffe einigermaßen ausgeglichen  
werden.

Die Wahl der Uebergangsstelle über die Wasserscheide ist  
keineswegs allein durch die Gestaltung des Gebirges und  
anschliessenden Thäler bestimmt. Von besonderer Wichtig-  
keit bleibt dabei die Menge des Speisewassers, die man  
mit Sicherheit herbeiführen kann, und dieser giebt sogar den  
Entscheidungsschlag, wenn auch andere Thäler in der ersten Beziehung  
als vortheilhafter herausstellen, und eine kürzere unterirdische  
Strecke erfordern sollten. Wie man das zur Speisung nöthige  
Wasserquantum annähernd bestimmt, ist bereits im vorigen Para-  
graphen erörtert worden, die Bestimmung der Reichhaltigkeit der  
Quelle ist aber sehr schwierig. Jedenfalls muss man dieselbe  
zu verschiedenen Zeiten und namentlich auch während anhaltender  
Trockenheit messen. Ausserdem ist es aber auch nothwendig, den Ur-  
sprung der Quellen aufs genaueste zu verfolgen, und die Ausdeh-  
nung der Fläche, worin sie sich sammeln, oder das Gebiet des  
Abflusses kennen zu lernen. Dabei kommt es darauf an, ob dieses  
Gebiet bewachsen oder kahl ist, und im ersten Falle, ob zu be-  
zweifeln steht, dass die Waldungen oder das Buschwerk vielleicht  
abgerodet werden können, wozu die durch den Kanal erleichterte  
Verbindung sogar selbst Veranlassung geben kann. Am vortheil-  
haftesten ist es, wenn ausgedehnte Sümpfe den Kanal speisen,  
wenn solche ein Reservoir bilden, worin sich das Wasser der aus-  
serordentlichen Jahreszeiten am sichersten erhält, und sonach die gleich-  
mässige Speisung während des ganzen Jahres liefert. Befinden  
sich diese Sümpfe aber unmittelbar neben dem Kanale, und stellt  
sich in demselben ein tieferer Wasserstand dar, so giebt er  
Veranlassung zur Senkung des Grundwassers, und der  
Sumpf, der im ursprünglichen Zustande einen überreichen Was-  
serhaushalt und zwar nachhaltig zu versprechen schien, trocknet  
ab und nach aus, und die von ihm erwartete Speisung hört auf.  
Wenn der Sumpf aber auch weiter entfernt liegt, und eine unmit-  
telbare Einwirkung des Kanales auf ihn nicht besorgt werden  
kann, so bleibt dennoch zu untersuchen, ob eine Melioration und  
Verbarmung dieser Sumpffläche vielleicht zu erwarten ist, wozu

wieder die durch den Kanal hervorgerufene Erleichterung Verkehrs und der zunehmende Wohlstand in den Umgebungen Veranlassung sein kann.

Sollte es sich ergeben, dass der Wasserreichthum der Bäche, die unmittelbar neben der Scheitelstrecke sich befinden, nicht ausreicht, oder bei möglichen Aenderungen der Culturverhältnisse so vermindern kann, dass er dem Bedürfnisse nicht mehr entspricht, so wird man zunächst zu untersuchen haben, ob in der Nähe andre Bäche sind, die man herbeileiten kann, dann werden ausgedehnte Gräben oder Speisekanäle erforderlich, für welche, wie bereits erwähnt, der Verlust durch Filtration unberücksichtigt bleiben darf. Je höher man diese Bäche anlegt, um so geringer ist die Wassermenge, die der Speisegraben abnimmt, aber um so grösser ist auch sein Gefälle und die Geschwindigkeit des darin fliessenden Wassers, welches daher, es ihn durchläuft, um so weniger an Masse verliert. Eine sorgfältige Prüfung dieser Umstände muss der Aufstellung der Kanäle vorangehen.

Finden sich dergleichen entferntere Bäche, die man nicht zur Scheitelstrecke leiten kann, gar nicht vor, oder ergänzen die Wassermenge noch nicht zu dem erforderlichen Maasse, und zur Zeit der anhaltenden Dürre, so muss man untersuchen, vielleicht einzelne Thäler sich zu Reservoirs einrichten, in welchen im Frühjahr und bei heftigem Regen während des Sommers grosse Massen aufgefangen werden können, die bei der Dürre dem Kanale zuleiten. Es ist bereits erwähnt worden, dass man den Nutzen solcher Anlagen nicht zu hoch anschätzen darf, obwohl sie allerdings zur Aushülfe sehr nützlich sein können. Die Verluste in diesen Reservoirs, theils durch Verdunstung und theils durch Filtration pflegen sehr gross zu sein, und in den Gräben, worin das Wasser aus ihnen dem Kanal zufliesst, tritt wieder ein neuer starker Verlust durch die Filtration ein, der gerade hier um so bedeutender ist, und sich im Laufe der Zeit nicht vermindert, als darin nur reines Wasser fliesst, welches keine erdigen Theilchen enthält, die nach und nach die Zwischenräume füllen und dadurch endlich den Graben abdichten könnten.

Bei der Anlage eines Reservoirs kommt es besonders

ein Thal aufzufinden, das an einer passenden Stelle und in passender Höhe über der Scheitelstrecke sich stark verengt, so dass der Abschlussdamm, durch welchen man es sperrt, nicht zu hoch zu werden braucht. Ausserdem muss es oberhalb dieser Stelle sich erweitern, damit eine grosse Wassermenge darin aufgesamlet werden kann. Endlich ist es auch Bedingung, dass die Quelle zu diesem Thale, wenigstens zur Zeit eines starken Regens, sehr reichlich sein müssen. Dass für möglichste Dichtung des Abschlussdammes gesorgt werden muss, der selbst bei hohem Wasserstande an der innern Seite keine bedeutenden Quellen hinlassen darf, braucht kaum erwähnt zu werden. Doch ist die Untersuchung auch darauf auszudehnen, ob der Untergrund des Thales selbst wasserdicht ist, und ob er nicht aus klüftigem Gestein besteht, oder vielleicht ein mächtiges Kieslager, das man vollständig beseitigen kann, an der Stelle, wo man den Abschlussdamm aufführen muss, das Thal durchsetzt.

Sollte sich keine Uebergangs-Stelle über die Wasserscheide finden, wobei die erwähnten Mittel zur Beschaffung des nöthigen Wassers bedarfes genügen, während die Ausführung des Kanales nicht gehoten wäre, so müsste man zu solchen Schleusen auf geneigten Ebenen seine Zuflucht nehmen, die wenigstens den Wasserverlust beim Durchschleusen der Schiffe möglichst vermindern oder denselben ganz aufheben. Andererseits bleibt aber noch die Möglichkeit, die Scheitelstrecke durch ein kräftiges Pumpwerk mit Wasser zu versehen. Es giebt wohl kein Beispiel, dass ein Kanal gleich nach der ersten Anlage in dieser Art gespeist wäre, so dass man dieses Mittel ursprünglich beabsichtigt hätte, aber bei zunehmendem Verkehr oder vielleicht auch in Folge anderer Ursachen dem Kanale nicht das erforderliche Wasser zufliesst, bietet eine kräftige Dampfmaschine, die dieses aus tieferen und häufiger gespeisten Kanalstrecken hebt, am einfachsten die Gelegenheit, den Kanal im schiffbaren Zustande zu erhalten. Endlich könnte man, wie auf einigen amerikanischen Kanälen geschieht, den Uebergang über einen sehr hohen und wasserarmen Ort auch durch eine Eisenbahn vermitteln.

Zur Beurtheilung des passendsten Ueberganges über die Wasserscheide wäre noch der geognostischen Untersuchung des Bodens zu erwähnen. Dieselbe dient theils, um die Schwierigkeiten zu erkennen, die bei der Ausführung des Kanals zu erwarten sind, und theils, um die besten Stellen für den Uebergang zu finden.



rigkeiten vorher kennen zu lernen, welche bei der Ausführung des Stollens zu erwarten sind, vorzugsweise aber, um besonders stark Filtrationen zu vermeiden, die bei manchen Gebirgsarten eintreten.

Der Uebergang wird in der letzten Beziehung an eine Stelle verlegt werden müssen, wo nicht etwa durch den Kanal und namentlich durch die unterirdische Strecke desselben klüftige Gebirge oder manche Arten von Kalkstein aufgeschlossen werden. In allen Fällen wird man wohlthun, die geognostischen Verhältnisse neben und in einiger Tiefe unter dem Kanale durch Hentreiben von einer Anzahl Bohrlöcher kennen zu lernen, und diese Untersuchung ist um so sorgfältiger zu führen, oder die Bohrlöcher müssen um so zahlreicher in der Kanallinie sein, je mehr die Gebirgs-Formation einer solchen Besorgniss Raum giebt.

Hat man endlich nach der vorstehenden Untersuchung die Stelle für die Scheitelstrecke ermittelt, so kommt es auch daran, die Mittellinie des Kanales bestimmt anzugeben, auch die passendsten Endpunkte für die Strecke, oder die Lage der beiden begrenzenden Schleusen zu finden. Für den Theil, der unterirdisch geführt wird, giebt es, wofern nicht etwa verschiedene Gebirgsarten vorkommen, keine andre Rücksicht, als dass er möglichst kurz sein muss. Bei den offenen Strecken sind dagegen die Erhebungen oder Vertiefungen des Bodens und dieselben Umstände als massgebend zu betrachten, die auch weiter abwärts die Lage der Kanallinie bedingen. Von diesen wird in Folgendem die Rede sein. Hier wäre nur zu bemerken, dass die erwähnte Aufnahme der Situation zur vollständigen Bearbeitung des Projectes nicht genügt, vielmehr die Kanallinie mit ihren nächsten Umgebungen sobald sie im Allgemeinen aufgefunden ist, noch speciell vermessen und nivellirt werden muss, worauf erst die Bestimmung des Zuges in den Einzelheiten erfolgen kann.

In den beiderseitigen Abhängen kommen zunächst die Schleusen in Betracht. Es ist bereits nachgewiesen worden (§. 118) wie das Gefälle, welches sie erhalten, einen grossen Einfluss auf den Wasserbedarf ausübt. Wenn letzterer daher nur mässig ist, so rechtfertigt es sich, auch die Schleusengefälle nicht zu gross anzunehmen, bis andre Büche in die weiter abwärts liegenden Kanalstrecken geleitet werden können. Durch die Einführung gar zu kleiner Gefälle vermehrt man die Anzahl der Schleusen



unheiliger Weise, indem (wenn auch von den Anlage- und Unterhaltungskosten derselben abgesehen wird) der Durchgang der Flöße sich sehr verzögert. Der Umstand, dass die einzelnen Kanaltrecken in diesem Falle kürzer werden, ist ohne Bedeutung, weil das Verhältniss der Füllmasse bei Verringerung des Trassen-Gefälles, zur Länge der einzelnen Strecken, also zur Oberfläche des darin enthaltenen Wassers, unverändert dasselbe bleibt. Man braucht daher nicht zu besorgen, dass man bei Verringerung des ganzen Gefälles auf eine grössere Anzahl von Schleusen, die zwischenliegenden Kanaltrecken verbreiten müsste. Ohne Verringerung der Anzahl der Schleusen aus diesem Grunde sehr bedeutend zu vermindern, was auch wohl nur empfohlen, aber bei keinem Kanale wirklich geschehen ist, dürfte es doch angemessen sein, ihr Gefälle in den oberen Kanalthellen, falls diese nicht reichlich gegeben werden können, etwa auf 6 Fuss zu ermässigen, und dann später, wenn der Wasseraufluss durch andre Bäche vermindert ist, dieses auf 8 bis 10 Fuss anwachsen zu lassen.

Dass an solchen Stellen, wo Wassermangel zu besorgen ist, die Kuppelschleusen angelegt werden dürfen, und sehr kurze Strecken angemessen verbreitet werden müssen, ist bereits erwähnt worden. Die Regel, die man immer aufzustellen pflegt, dass die unmittelbar folgenden Schleusen bis zum nächsten Speise-Kanale einander folgen müssen, um für alle Strecken gleiche Füllmassen zu erhalten, ist genau genommen, nur unter der Voraussetzung gehalten, dass kein anderer Wasserverlust, als beim Durchschleusen der Schiffe eintritt. Wenn diese Regel, wie immer geschieht, befolgt wird, so kann der Verlust, den die folgenden Strecken durch Verdunstung und Filtration erleiden, nicht durch die Füllmassen ersetzt werden, die beim Durchgange der Schiffe ihnen von oben zugeführt werden. Man ist daher gezwungen, in der obern Schleuse häufig die Schütze zu ziehen, um den Wasserspiegel der folgenden Strecken zu heben. Bei der zweiten Schleuse wird dieses in geringerem Masse der Fall sein, und in jeder folgenden noch weniger, bis endlich in derjenigen Schleuse, welche vor der Strecke liegt, die einen reichen Zuleitungsgraben aufnimmt, das Bedürfniss des Zulassens des Wassers ganz aufhört. Das Wasser, welches den Verlust der zwischenliegenden Strecken deckt, könnte aber theilhaftiger als Füllmasse zugeführt werden, und es würde sich

dadurch die Anordnung rechtfertigen, dass man der obern Schleuse ein starkes Gefälle gäbe, und dieses nach Maassgabe der Verdunstung, also im Verhältniss der Länge der Strecken, und nach Maassgabe der zu erwartenden Filtration in den folgenden Schleusen abnehmen liess, bis es an der letzten Schleuse vor dem neuen Zuflusse sich auf das geringste angenommene Maass beschränkte. Es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass die Schätzung der in den einzelnen Strecken zu erwartenden Filtrationen sehr unsicher ist; wenn es aber feststeht, dass durch die hintereinander liegenden Schleusen verschiedene Wassermassen abgeführt werden müssen, so wird eine vollständigere Benützung derselben durch Einführung ungleicher Gefälle doch immer einlicher sein, als wenn man in den obern Schleusen grosse Massen unbenutzt abfliessen lässt. Besonders in solchen Fällen, wo eine grosse Anzahl von Strecken keinen neuen Zufluss erhalten dürfte, dürfte auf diese Weise leicht eine oder zwei Schleusen erspart werden können. Man würde aber hierdurch nicht nur die Anlagekosten der Schleusen, sondern auch den Wasserbedarf vermindern, ohne die Anzahl der Schleusen zu vergrössern. Die letzte Schleuse würde nämlich schon durch die Füllmasse der vorhergehenden versorgt werden, und der Zuschuss zur Deckung des Verlustes durch Filtration und Verdunstung würde ganz entbehrlich.

Eine solche Anordnung ist wohl noch nie getroffen worden, sie scheint aber vollständig gerechtfertigt und empfehlenswert. Wenn man auch nicht hoffen kann, das angemessenste Verhältniss der verschiedenen Gefälle ganz richtig vorher zu bestimmen, geben die Erfahrungen über die vorkommenden Wasservordrucke doch einigen Anhalt, und jede Annäherung an das Richtige ist schon Gewinn.

Sobald man weiss, welche Gefälle die Schleusen erhalten sollen, so ergibt sich hieraus bei der bekannten Abdachung des Thäler die Länge der einzelnen Strecken. Die Stellen, wo die Schleusen zu erbauen sind, müssen indessen mit grosser Vorsicht ausgesucht werden, damit ihre Erbauung und namentlich ihre Gründung nicht zu viele Kosten verursacht, und sie vollständig gesichert sind, auch ein starkes Durchquellen aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser nicht besorgt werden darf. Ausserdem hängt die Höhenlage des Kanales häufig von manchen

Umatänden ab, wohin namentlich die Strassenübergänge zu rechnen sind, sowie auch zuweilen Gebäude, Gärten u. dgl. Bald in dieser Beziehung gewisse Bedingungen gestellt sind, so denselben durch angemessene Verlegung der Schleusen nachkommen werden.

Gewöhnlich verlegt man die Schleusen an solche Punkte des Thales, wo das Terrain um die Höhe des halben Schleusen-Abfalles unter den Wasserspiegel sich senkt. Hiernach liegt das Oberwasser neben der Schleuse eben so hoch über dem Terrain, als das Unterwasser darunter. Die Regel leidet indessen viele Ausnahmen, die durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt werden; namentlich muss man, wenn starke Filtration zu vermeiden ist, die Schleuse schon weiter aufwärts verlegen, und die Erhebung des Wasserspiegels im Kanale über das angrenzende Terrain zu vermeiden suchen. Es kommt dabei aber noch die Seitengefälle der Thäler in Betracht. Wenn man nämlich den Kanal in die Thalsole verlegt, so wird man weit früher die Schleuse erbauen müssen, als wenn man auf den Seitengehängen bleibt, wodurch man sogar einzelne Strecken überaus verlängern kann, ohne gegen jene Regel zu fehlen. Augenblicklich wird aber die Anlage überaus schwierig, und die stärksten Filtrationen wären dabei kaum zu vermeiden, wenn man den Kanal zur Seite einer steilen Felswand, wie bei Strassen oft geschieht, hinziehen wollte. Dieser Fall darf daher als durchaus günstig hier unbeachtet bleiben. Dagegen muss man unterscheiden, ob es zweckmässiger ist, den Kanal vollständig in die Thalsole zu verlegen, oder ihn auf dem Fusse der einen Seitengehänge zu erbauen. Beide Anordnungen haben vergleichungsweise Vorzüge und Nachtheile.

Legt man den Kanal mehr zur Seite, also auf den flach ansteigenden Rund des Thales, oder auf den Fuss der Felswand, so ist er vor dem Angriffe des im Bache strömenden Wassers und namentlich zur Zeit der Anschwellungen weit mehr geschützt, als wenn er in grösserer Nähe desselben läge; die Beweise, dass er das Profil des letztern zu sehr beschränken könnte, tritt auch in weit geringerem Maasse ein. Man erreicht hiess den Vortheil, dass man wegen der grösseren Höhe des Wassers die von der Seite hinzutretenden Bäche unter ihm hin-

durch dem Hauptbache zuführen kann. Selbst wenn es nicht möglich werden sollte, den Kanal von dem einen Ufer nach dem andern zu führen, so ist die Anlage des Brückenkanales um so leichter und um so sicherer, in je grösserer Höhe der Kanal geführt wird. Dagegen ist es nicht zu verkennen, dass der Fuss der Thalwände fast niemals gleichmässig vortritt, er vielmehr bald weit zurückzieht, und dann wieder plötzlich vorspringt. Man kann ihn daher nicht vollständig verfolgen, ohne den Kanal abgemässigt zu verlängern, der dennoch stellenweise über die Thalsole geführt, also mit hohen Dämmen eingeschlossen werden muss. Dabei kommt auch noch der Umstand in Betracht, dass in Gebirgsgegenden eine gute Thonerde nur selten vorkommt, höhere Dämme daher hier zu sehr starken Filtrationen Veranlassung geben. Diese Umstände sind so wichtig, dass man es allgemein für zweckmässiger hält, den Kanal in die Thalsole einzuschneiden. Dazu kommt noch, dass die Einleitung von Seitenbächen in den Kanal durch die tiefere Lage desselben erleichtert wird, und dass man in der Thalsole, wenn auch nicht so feine Erde, wie in der Ebene, doch wenigstens eine brauchbare Erde für mässige Dammschüttungen zu finden pflegt, die jedenfalls besser ist, als das Gerölle und die Felsbrocken, die beim Ausheben des Kanales auf dem Fusse der Seitenwände gewonnen werden. Die Uebelstände und Gefahren, die aus einer zu starken Beschneidung des Fluthprofils des Baches entstehen, muss man möglichst vermeiden suchen, und wenn diese die Annäherung des Kanals nicht gestatten, oder derselbe vielleicht auf einer Brücke über den Bach geführt werden muss, so bleibt nur übrig, stellenweise in grösserer Höhe über der Thalsole zu halten, wenn dieses im Allgemeinen auch nicht räthlich ist.

In engen Thälern tritt häufig der Bach so nahe an die Bergwand, dass vor derselben kein Raum für die Kanal-Anlage bleibt. In solchem Falle muss man entweder den Kanal auf das eine Ufer führen, oder man kann auch den Bach verlegen und in ein andres Bette in der Mitte der Thalsole anweisen. Das letztere Verfahren ist gemeinhin das wohlfeilere, weil man dabei Brückenkanäle vermeidet. Indem man aber den Kanal in die bisherige Bachbette verlegt, so ist die sehr grosse Tiefe desselben keineswegs nachtheilig, weil sie bis in das Grundwasser her-



1. Man pflegt sie daher auch nicht zu verschütten, und erlangt dadurch noch den Vortheil, dass einzelne Schiffe hier sicher verweilen können, wenn der Kanal behufs vorzunehmender Instandsetzungen abgelassen wird. Dass man in diesem Falle, wie auch allgemein, die Dämme, welche den Kanal auf der Bachseite begrenzen, gegen Beschädigungen sichern muss, darf kaum erwähnt werden; die Sicherung pflegt aber nicht schwierig zu sein, da eines Theils schweres und brauchbares Steinmaterial in der Nähe vorzukommen pflegt, andern Theils aber noch die Anschwellungen solcher Bäche mit starkem Gefälle keine grosse Schwierigkeiten erreichen.

Zuweilen ist das Thal stellenweise so enge, dass es durch unmöglich wird, den Kanal zur Seite des Baches zu erbauen. Dann muss man sich schon entschliessen, eine Kanalstrecke in der Bachbette selbst zu verlegen. Die Uebelstände, die dabei eintreten, pflegen sehr gross zu sein, indem nach jedem Wasser bedeutende Beschädigungen wahrgenommen werden, namentlich das gemeinschaftliche Bette mit Geschieben angefüllt wird, die man zunächst beseitigen muss, ehe die Schifffahrt wieder eröffnet werden kann. Der letzte Uebelstand würde wesentlich ermässigen, wenn man den Stau in dieser Strecke in ein bewegliches Wehr darstellen könnte. Die Anlage eines Wehres hat aber, wenn die Anschwellungen plötzlich eintreten, die grosse Massen von Geschieben hindurchgehn, sehr grosse Schwierigkeit. Jedenfalls legt man den Kanal nur so weit in die Bachbette, als die Beschränkung des Thales dieses nothwendig macht. An den beiden Enden schliesst sich diese Strecke mittelst Schleusen an die in gewöhnlicher Art gehaltenen Kanaltheile an, und die obere von diesen Schleusen muss, wenn die Anschwellungen des Baches hoch sind, noch mit Fluththoren versehen sein, damit der Rückstan sich nicht in die nachfolgende Strecke fortsetze.

Bei der unverkennbaren Abhängigkeit der Kanallinie von dem Wasserstande des Kanales haben die Seitenbäche, die ihn speisen, einen sehr grossen Einfluss auf die erstere. Wollte man diese Bäche auf der einen Seite in den Kanal hinein, und auf der andern wieder heraustreten lassen, so würde nicht nur der Wasserstand sehr veränderlich werden, und häufig die Schifffahrt



unterbrechen, sondern eine Masse Geschiebe würde nach jedem starken Regen in dem Kanalbette liegen bleiben, und denselben vielleicht ganz anfüllen. In früherer Zeit hat man wenigstens den letzten Uebelstand dadurch minder schädlich zu machen gesucht, dass man den Kanal unmittelbar neben dem Bache auf beiden Seiten abschloss, um die Verheerungen auf eine sehr kurze Strecke zu beschränken. Gegenwärtig legt man dagegen den Kanal jedesmal so hoch, dass er auf einer Brücke über den Bach fortgeführt werden kann, also die Fluthen des letzteren ihn nicht berühren. In diesem Falle ist es aber nicht zu vermeiden, dass der Kanal sich bedeutend über die Thalsole erheben muss, weil sonst das Hochwasser des Baches ihn erreichen, oder es die Oeffnungen der Brücke übersteigt, eine zu heftige Strömung annehmen würde.

Ausser den bereits erwähnten Umständen giebt es noch mehrere andre, welche auf den Zug des Kanales von Einflüssen sind, wenn derselbe auch schon im Allgemeinen feststeht. Bei Herabgehn von einer steilen Wasserscheide wird man zunächst mehrfache Ueberführungen über den Bach, den man verfolgt, vermeiden suchen. Man muss also diejenige Thalseite wählen, welche den meisten Raum bietet und für die ganze Anlage am besten eignet. Im Allgemeinen ist dieses jedesmal die flachere oder welche sanfter ansteigt. Zuweilen ist der Unterschied zwischen beiden Thalwänden in dieser Beziehung so auffallend, dass die Wahl durch den ersten Anblick schon entschieden wird. Dies ist namentlich bei schieferartigen Gesteinen und überhaupt in solchen Gebirgsarten häufig der Fall, welche parallele Schichten zeigen. Tritt aber an dieser Thalseite ein einzelner Kopf weit vor, so dass man nicht füglich vorbeikommen kann, so bleibt noch zu untersuchen, ob sich etwa mit mässigen Kosten eine unterirdische Kanalstrecke hindurchführen, oder der Bach zurücklegen lässt, oder aber, ob man gezwungen ist, den Kanal hier über den Bach zu führen, und deshalb vielleicht die Erbauung zweier Brückenkanäle das wohlfeilste Anskunftsmittel bietet.

Demnächst wäre zu erwähnen, dass man überall, wo mehrere Linien möglich sind, diejenige wählen muss, welche auf dem besten Boden trifft, die angemessene Terrainhöhe hat und eine Filtration nicht besorgen lässt. Wo Bäche dem Kanale nahe

und gemeinhin auch zugleich unter demselben durchgeleitet, ist die passendste Stelle in dem Nebenthale mit grosser Mühe aufzusuchen, weil die Kosten und die Sicherstellung einer Anlage in hohem Grade von der Beschaffenheit des Untergrundes und der Höhenlage des Bachbettes abhängig sind. In der Weise eignet sich auch zur Ableitung des Wassers aus dem Thale eine Stelle mehr als die andre.

Man weilen wird der Kanal mit besonderer Rücksicht auf gewerbliche Anlagen und Gewinnung roher Producte auszuwählen, und man ist alsdann gezwungen, ihn über bestimmte Stellen zu verlegen. Wenn hierdurch aber grosse Nachtheile für den ganzen Kanal herbeigeführt werden, so muss man noch abwägen, ob es nicht vortheilhafter wäre, die Verbindung durch eine Abzweigung oder einen Seitenkanal darzustellen. Dass man zur Vermeidung übermässiger Grundentschädigungen Gärten und überhaupt solche Stellen umgeht, die besonders fruchtbar und werthvoll sind, bedarf kaum der Erwähnung.

Man vermeidet scharfe und ausgedehnte Krümmungen, wodurch die Fahrt erschwert und die Linie übermässig verlängert wird, man soviel wie möglich vermeiden, doch giebt es keinen Fall, ganz gerade Linien, wo solche vom Terrain nicht bedingt sind, mit namhafter Vermehrung der Kosten zu wählen. Der Nachtheil der scharfen Krümmungen in Betreff des Durchganges der Schiffe lässt sich schon durch angemessene Verbreitung an den Stellen beseitigen, bei mässigen Krümmungen ist aber der Unterschied zwischen der Länge des Bogens und der Sehnenlänge so geringfügig, dass er meist ganz unbeachtet bleiben kann; wenn Umstände die Ausführung in der gekrümmten Linie erfordern. Ganz gerade Kanalstrecken sind aber, wenn sie sehr lange bedeutend wird, sogar der Schifffahrt nachtheilig, in der Richtung des Windes, sobald er in der Richtung derselben steht, und ist, nicht nur einen heftigen Wellenschlag verursacht, bei dem die Ufer leiden, sondern auch das Wasser fortreibt, und es an einem Ende aufhäuft, während er es von dem andern Ende abzieht. So ist es bei den langen und ganz geraden Strecken von Kanälen vorgekommen, dass an einem Ende der Wasserstand sich so sehr senkte, dass die Schiffe nicht durchkommen konnten, während am andern Ende das Wasser sich hoch anhäufte. (Handb. d. Wasserbauk. II. 3.)

erhob und über die Schleusenthore nach den nächst anliegenden Strecken abfluss.

Wenn der Kanal sich an einem flach geneigten Terrain hinzieht, was gemeinhin geschieht, sobald er sich dem Thale des Flusses nähert, in welchen er mündet, so ist sein Zug durch flussere Umstände bestimmt vorgezeichnet, man kann vielmehr mit grösserer Willkühr, als in einem engeren Thale, ihn verlegen. Es entsteht dabei vorzugsweise die Frage, welches Höhenverhältniss zwischen dem umgebenden Terrain und dem Wasserspiegel des Kanales das vortheilhafteste ist. In Bezug auf die Filtration empfiehlt es sich jedenfalls, den Kanal in der Höhe des Terrain zu halten, aber diese Rücksicht verliert ihre überwiegende Wichtigkeit, sobald die Speisung der Strecke vollständig gesichert ist, was in den untern Theilen der Kanäle doch gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, und wenn ausserdem auch der Boden eine Darstellung dichter Dämme sich eignet. Alsdann wird die Beantwortung dieser Frage hauptsächlich von dem Kostenpunkt abhängig. Die Erdarbeiten stellen sich aber am wohlfeilsten, wenn man die mindeste Erdmasse auszuheben, und diese in der geringsten Entfernung zu transportiren braucht. Beide Bedingungen erfüllen sich, sobald man den Kanal an eine Stelle verlegt, wo die Auf- und Abträge in jedem Profile sich gleich sind. Man betrachtet das Profil des Kanales selbst, sowie die Höhenlage der thalseitigen Leinpfade, mit Einschluss der etwa anzulegenden Gräben, und die Böschungen auf der Berg- und Thalseite; so ist es leicht, für eine gegebene Böschung des natürlichen Terrains diejenige Stelle zu finden, wo die Auf- und Abträge in jedem Profile sich ausgleichen. Man hat bei manchen Kanälen in Frankreich die Linie wirklich in dieser Weise bestimmt, nichts desto weniger kommt dabei der Wasserspiegel hoch über das Terrain zu liegen, dass die Filtration sich als nachtheilig zeigte, und selbst Versumpfungen auf den angrenzenden Aeckern verursacht werden. Man darf daher gemeinlich die Kanallinie nicht bis zu diesem Punkte thalwärts herabrücken, man muss die Breite des thalseitigen Leinpfades mehr, als nöthig wäre, vergrössern, wodurch der Auftrag verstärkt wird, also bei vollständiger Ausgleichung auch der Abtrag zunimmt. Es ist indessen unmöglich, den Kanal so zu führen, dass

Ähnliche Ausgleichung überall eintritt, oder die ausgehobene Erde einmal in demselben Profile wieder verwendet wird. Die Bewegung kann nur im Allgemeinen maassgebend sein, im Einzelnen muss man sie sehr häufig unbeachtet lassen, weil sie sonst zu führen würde, den Kanal übermässig zu verlängern und durch seine Anlage zu vertheuern. Man muss indessen bei Feststellung des Entwurfs noch eine andre Ausgleichung der Auf- und Abträge berücksichtigen, und dafür sorgen, dass

Erde, die an einer Stelle ausgehoben wird, eine nutzbare Verwendung an einer andern Stelle findet, wie dieses auch bei Profilen von Strassen und Eisenbahnen jedesmal geschieht. Besonders wo Schleusen liegen, kommen sehr bedeutende Erdarbeiten vor, obwohl man hierzu schon solche Stellen auszusuchen pflegt, wo das Terrain stark abfällt.

Um die passendste Wahl der ganzen Kanallinie zu treffen, wendet man sich wieder vorzugsweise dieselbe Methode, die zur Aufzeichnung des günstigsten Uebergangspunktes über die Wasserschwelle empfohlen wurde. Man bestimmt nämlich auf dem Terrain die Schnittpunkte, welche durch gewisse horizontale Ebenen gebildet werden, und trägt diese in die Charten ein. Sobald hierbei die geringere Höhen-Unterschiede von Einfluss sind, müssen die horizontalen Ebenen einander auch sehr nahe liegen und in Abständen von wenigen Fuss gezogen werden. Dergleichen Charten gewähren wieder eine vollständige Uebersicht, und machen es sehr leicht, den passendsten Zug des Kanales selbst im flachen Grunde nach den vorher festgestellten allgemeinen Bedingungen zu finden.

Die Anordnung der letzten Kanalstrecke, oder die Bestimmung der Stelle für die nächst dem Strome belegene Schleuse, ist von besonderer Wichtigkeit. Der Theil des Kanales, der innerhalb dieser Schleuse liegt, steht fortwährend mit dem Strome in unmittelbarer Verbindung, der Wasserstand in ihm hebt und sinkt sich daher bei jedem Steigen und Fallen des Stromes. Die dadurch veranlasste Strömung, die bei grosser Entfernung der letzten Schleuse und bei plötzlichem Wasserwechsel nicht unbedeutend ist, zeigt sich schon als nachtheilig für die Kanalanfer; ein weit grösserer Uebelstand wird aber dadurch herbeigeführt, dass jedesmal in diese Strecke trübes Wasser hineinfliesst, welches,

während es darin zur Ruhe kommt, die erdigen Theile lässt, und sonach beim Zurücktreten in den Strom die mehr herausführt. Hierdurch werden in dieser Kanalstrecke bedeutende Verschlammungen veranlasst, und die Beseitigungselben ist um so schwieriger, je grösser ihre Länge ist. Man bemüht sich daher, die nächste Schleuse möglichst nahe dem Strom zu legen, und sie, wenn es geschehn kann, von dem Kanal nur so weit zu entfernen, dass einige Schiffe in der Mündung des Kanales unterhalb der Schleuse liegen können.

Der oben erwähnte Nachtheil der starken Verschlammung tritt indessen nicht allein in der untern Strecke ein, sondern auch oft, wenn auch in einem etwas geringeren Grade, noch in der obern Strecke. Der Wechsel des Wasserstandes in einer Strecke ist nämlich gemeinhin viel bedeutender, als das Gefälle, welches man einer einfachen Schleuse geben mag. Sobald das Wasser eintritt, so übersteigt dieses den Stand der zweiten Strecke, daher schlagen die Thore rückwärts auf, und das Flusswasser dringt bis zur zweiten Schleuse, unter Umständen sogar bis zur dritten vor. Um dieses zu vermeiden, führt man, wenn es irgend geschehn kann, den Kanal über ein höheres Terrain bis in die Nähe des Stromes, und setzt ihn hier mit einer Kuppelschleuse mit letzterem in Verbindung. In der That darf der Kanal auch nicht in grosser Länge in einem niedrigen Vorlande liegen, welches der Ueberströmung ausgesetzt ist, weil der quer darüber gehende Strom theils zerstört, theils auch das Bett mit Sand und Erde anfüllt. Dasselbe geschieht gewöhnlich bei der letzten Strecke, welche ganz auf dem niedrigen Ufer liegt. Man heugt zuweilen die nachtheiligen Wirkung dadurch vor, dass man diese Strömung des Hochwassers nicht über den Kanal fort, sondern bis in den Kanal hineingehn lässt. Wenn ein wasserfreies Ufer das niedrige Terrain unterbricht, und bis an das Meer tritt, so pflegt am obern Rande desselben zur Zeit jedes Hochwassers eine kräftige Strömung sich zu bilden, die schon eine tiefere Wasserrinne erzeugt, die sich auch erhält. Solche Stellen eignen sich vorzugsweise zur Mündung eines Kanales, weil die Strömung eine Verflachung derselben bewirkt. Man kann dasselbe auch erreichen, wenn man bis



den wasserfreien Damm ausführt, doch werden dergleichen der bisherigen Fluthverhältnisse gemeinhin als heilig angesehen, und wenn man sie einführt, pflegen so-  
 endende Entschädigungsforderungen erhoben zu werden. So niedrige Stromufer eingedeicht, so muss jedenfalls die in der Deichlinie liegen, auch mit Fluththoren versehen sein so hoch wie der Deich sind, damit sie das Hoch-  
 vollständig abhalten.

Es ist es noch von grosser Wichtigkeit, den Kanal an-  
 in den Strom münden zu lassen, wo keine Sand-  
 Ablagerungen eintreten. Die Versackungen in der un-  
 strecke sind freilich gemeinhin nicht zu vermeiden, und  
 durch Baggern beseitigt werden. Sie sind aber we-  
 nil, weil sie sich nur nach und nach bilden. Dagegen  
 ist eine im Strombette selbst ausgebagerte Rinne in  
 Zeit wieder vollständig, wenn sie an einer Stelle dar-  
 er, wo der Strom bei gewissen Wasserständen Sand und  
 ert. Dergleichen untiefe Stellen dürfen daher nicht zwi-  
 eigentlichen Fahrrinne im Strome und der Mündung des  
 egen. Man vermeidet dieses am sichersten, wenn man  
 im regelmässig ausgebauten concaven Ufer einer Strom-  
 münden lässt. Die Aufgabe ist genau dieselbe, wie  
 stellung einer stets zugänglichen Hafenmündung (§. 98).  
 Fällen ist es auch vortheilhaft, die Mündung strom-  
 kehren, um theils die Tiefe sicherer zu erhalten, theils  
 das Ein- und Ausfahren der Schiffe zu erleichtern.

### §. 121.

#### Quer-Profile der Kanäle.

Tiefe eines Schiffahrts-Kanales muss so gross sein, dass  
 fahrenden Schiffe, wenn sie auch beladen sind, die  
 nicht berühren. Der Wasserstand im Kanale bleibt aber  
 derselbe, insofern die Speisung hinreichend gesichert  
 hat während anhaltender Dürre die verschiedenen Ver-  
 denen oben die Rede war, vollständig zu decken. Man  
 aus der bekannten grössten Einsenkung der Schiffe  
 der angenommenen Höhenlage des Wasserspiegels un-

mittelbar diejenige Höhe der Sohle finden, die nie überschritten werden darf. Dabei muss man jedoch auf die nicht zu vernachlässigenden Sand-Ablagerungen und sonstigen Verflachungen Rücksicht nehmen. Damit diese nicht sogleich die Schiffahrt unterbrechen, auch häufige Räumungen vermieden werden, pflegt man nach einer ziemlich allgemein angenommenen Regel, die Sohle sowohl bei der ersten Anlage des Kanales, als auch bei jeder spätern Räumung um einen Fuss tiefer zu legen, als die Schiffahrt unmittelbar fordert. Oft geht man bei der ersten Anlage noch weiter, indem man die Tiefe ausserdem noch etwa um 6 Zoll vergrössert. Dies geschieht namentlich bei Bodenarten, die eine starke Filtration besorgen lassen, und der Zweck ist dabei kein anderer, als dass man einen Raum darstellen will, worin ein thoniger Niederschlag sich bilden kann, der bei spätern Räumungen nicht berührt und vielmehr hier dauernd liegen bleibt.

Die Sohle des Kanales pflegt in der ganzen Länge einer Strecke, also bis zur nächsten Schleuse horizontal gehalten zu werden, und der Unterdremmel der vorhergehenden Schleuse, so der Oberdremmel der folgenden liegen mit ihr in gleicher Höhe, also so tief, dass unter dem Boden eines beladenen Schiffes überall ein freier Raum von ein Fuss Höhe bleibt. Nichts desto weniger weicht man von dieser Regel zuweilen ab, und giebt in einer langen Strecke der Sohle ein sehr geringes Längengefälle. Diese Anordnung begründet sich schon dadurch, dass in dem Kanale nicht fortwährend stehendes Wasser vorkommt, vielmehr die Verluste durch Filtration und Verdunstung oft ersetzt werden müssen, und bei häufigem Durchschleusen der Schiffe sogar noch bedeutendere Wassermassen die ganze Länge des Kanales in allen Strecken durchfliessen. So lange aber eine Bewegung oder eine schwache Strömung hier stattfindet, so ist die freie Oberfläche nicht horizontal, sondern etwas geneigt. Indem man daher der Sohle ein geringes Gefälle giebt, so stellt man nur den Parallelismus zwischen ihr und dem Wasserspiegel dar, oder man gleicht die Verschiedenheit der Tiefe aus. Die Neigung, welche die Oberfläche selbst im ungünstigsten Falle annimmt, ist indessen so geringe, dass ihr Einfluss auf die verschiedene Tiefe gegen die horizontale Sohle sich beinahe gar nicht zu erkennen geben würde. Dagegen giebt es noch einen andern

stärkeren Grund für die Einführung eines geringen Gefälles, und er bezieht sich auf die Beförderung des Abflusses, wenn man Kanalstrecke trocken legen will. Ist der Boden ganz horizontal gehalten, so ist es offenbar sehr schwierig, alles Wasser aus zu entfernen, aber wenn auch nur ein geringes Gefälle geführt ist, so befördert dieses schon merklich den Abfluss. Man empfiehlt, zu diesem Zwecke die Sohle auf 1000 Fuss Länge um den achten Theil eines Zolles, also auf die Meile um Zoll abfallen zu lassen. Bei französischen Kanälen geschieht dies wirklich, wenn auch in etwas geringerem Maasse.

Die Breite des Kanales bestimmt sich zunächst durch die Forderung, dass überall hinreichender Raum sein muss, damit die Schiffe bequem nebeneinander vorbeifahren können. Indem die Seitenwände des Kanales aber im Allgemeinen nur aus Erdschneidungen bestehen, und daher nicht senkrecht, sondern stark geneigt sind, so genügt es nicht, nur in dem Wasserspiegel diese Breite darzustellen, vielmehr muss sie in einiger Höhe über dem Niveau der beladenen Schiffe schon vorhanden sein. Die Sohle des Kanales dürfte hier noch etwas schmaler bleiben, aber es wäre augenscheinlich sehr störend, wenn man das Fahrwasser so einschränken wollte, dass die Schiffe während des Vorbeifahrens keinen den nöthigen Raum fänden, und sie sonach sich nicht gegenseitig, sondern auch jedes das nächste Ufer berühren müsste. Es rechtfertigt sich daher, für einigen Spielraum zu sorgen, und man macht deshalb gemeinhin die Kanal-Sohle doppelt so breit, als die Schleuse weit ist.

Dabei entsteht die Frage, ob diese Breite als genügend anzu-nehmen werden darf, und ob es nicht vielleicht nöthig ist, eine noch grössere Profil-Fläche für den Kanal zu wählen, um den Widerstand der Schiffe zu vermindern. Jedenfalls ist es aber mit wenigen Ausnahmen viel wohlfeiler und in andrer Beziehung auch vortheilhafter, die Vergrösserung des Profiles, falls es solche erfordert würde, durch weitere Ausdehnung der Breite, oder der Tiefe darzustellen.

Dass ein sehr enger Kanal, dessen Profil nur um Weniges grösser, als das Profil des Schiffes ist, einen sehr grossen Widerstand der Bewegung der letztern entgegensetzt, und eine hohe Welle vor denselben auftreibt, ist ohne Zweifel. Man bemerkt

auch, dass in Kanälen, die stellenweise von der Seite an verwachsen sind, sogleich eine grössere Anstrengung der Pferde oder Menschen erforderlich ist, die das Schiff ziehen, oder die Geschwindigkeit des letzteren sich auffallend vermindert, bald es eine solche verengte Stelle durchfährt. Der Grund dieser Erscheinung ist augenscheinlich darin zu suchen, dass die Schiffe verdrängte Wassermenge, die an demselben vorbeiströmen muss, um den Raum zu füllen, den das Schiff so eben eingenommen hat, in den verengten Profilen mit grösserer Geschwindigkeit strömen muss, und diese nur dadurch erzeugt werden kann, dass zwischen den Wasserstände vor und hinter dem Schiffe eine bedeutende Niveau-Differenz entsteht, die einen Gegendruck gegen die Bewegung des Schiffes verursacht, oder dessen Widerstand vergrössert.

Dubuat \*) hat an verschiedenen Modellen von Schiffen eintauchende Theile Querschnitte von 1 bis 2 Quadratfuss die Widerstände sowohl in Kanälen von verschiedener Weite als auch im offenen Wasser gemessen, und indem er sich bemühte, einen analytischen Ausdruck darzustellen, der ungefähr den Beobachtungen entsprach, so gelangte er zu dem Resultate, dass der Widerstand in einem Kanale sich zu dem in offenen Wasser wie 8,46 zu  $2 + \frac{Q}{q}$  verhält.  $Q$  bedeutet aber den Querschnitt

des Kanales und  $q$  den Querschnitt des eingetauchten Theiles des Schiffes. Dabei ist selbstredend die Voraussetzung gemacht, in beiden Fällen die Geschwindigkeit dieselbe ist. Eine allgemeine Gültigkeit kann man von dieser Formel nicht erwarten, da sie dem augenscheinlich falschen Resultate führt, dass in einem Kanale, dessen Querschnitt den des Schiffes um das Sechsfache noch mehr übertrifft, der Widerstand geringer als im offenen Wasser wird, und bei weiterem Anwachsen des Querschnittes des Kanals der Widerstand sich sogar bis auf jeden beliebigen kleinen Theil desjenigen Widerstandes erniedrigt, der im offenen Wasser stattfindet. In einem Kanale von unendlicher Breite stattfindet. Je grösser die Breiten der Fahrwasser in beiden Fällen einander sich nähern, um so grösser wird nach dieser Formel der Unterschied der Grösse des Widerstandes, was offenbar falsch ist.

\*) *Principes d'hydraulique* II. §. 578.

Nach manchen Erfahrungen darf man annehmen, dass eine Vergrösserung des Widerstandes nur in sehr engen Kanälen eintritt, dass dieselbe aber schon ziemlich geringe wird, und vielleicht auf den fünften Theil reducirt, wenn der Querschnitt des Kanales dreimal so gross, als der des Schiffes ist, dass in einem Kanale, wo dieses Verhältniss sich wie 5 zu 1 stellt, der Widerstand schon mit dem in offenem Wasser übereinstimmt. Wenn die Breite eines Kanales, wie oben erörtert, so angenommen wird, dass zwei beladene Schiffe an einander vorbeifahren können, und ausserdem noch unter ihrem Bodenraum von 1 Fuss Höhe frei bleibt, so stellt sich mit Rücksicht auf die Dossirungen des Kanales jenes Verhältniss selbst beladene Schiffe schon nahe wie 4:1, für leere übersteigt es um bei Weitem dasjenige Verhältniss, für welches der Widerstand dem in offenem Wasser gleich wird. Hiernach ist keine Massung vorhanden, behufs der Verminderung des Widerstandes noch eine weitere Verbreitung des Kanales einzuführen. Die vorstehende Untersuchung über die dem Kanale zu gebührende Profilweite bezieht sich nur auf solche Theile des Kanales, wo überhaupt besondere Umstände eine Verengung oder Verbreitung erfordern. Das Erste findet statt, wenn der Raum für die Kanäle sehr beschränkt ist, oder die gehörige Verbreitung sehr schwer sein würde. Dieses ist der Fall unter massiven Brücken, häufig in Gebirgsgegenden, wo entweder steile Felswände an den Bach treten, also für den dazwischen zu erbauenden Kanal nur ein schmaler Raum übrig bleibt. Eben so auch, wenn der Kanal auf dem Abhange eines steilen Ufers ausgeführt werden muss, oder wenn einzelne wichtige Gebäude, Strassen u. dgl. die gehörige Verbreitung verhindern. In solchen Fällen erhält der Kanal nicht mehr die flachen Erd-Dossirungen, sondern man umgibt ihn mit Mauern ein, die nach Bedürfniss entweder etwas geneigt, oder senkrecht aufgeführt sind. Zuweilen genügt selbst das Letzte noch nicht, und alsdann muss man sich entschliessen, die Beschränkung der Breite selbst auf die Sohle auszudehnen. An der Stelle nicht lang, wo die Verengung eingeführt wird, so ist sie auch nicht wesentlich hinderlich. Ihre Erfolge sind nur, dass der Widerstand beim Durchziehen der Schiffe sich etwas vermindert, oder deren Geschwindigkeit sich vermindert. Gelangt



## XVII. Schiffahrtskanäle.

... und wieder in ein weiteres Kanalbette, so ist der ... Inhalt nicht von Bedeutung. Man wird aber, ... vermeiden werden kann, die Verengung nicht ... der Häuptern der Schleusen treiben. Falls dieses ... guthig wäre, muss man durch Vertiefung eine ... des Profiles einführen, damit das Wasser beim ... drosseln kann. In den Schleusenhäuptern selbst ist ... Verengung zwar nicht zu vermeiden, aber die sehr g ... chwindigkeit, womit alle Schiffe daselbst hindurchgehn, ... nachtheilige Wirkung ganz auf, was an andern ... sprechen, wo die Schiffe nicht zum Stillstande gebracht ... sollen, keineswegs der Fall ist. Unter den Brücken und ... Verengungen nöthig sind, pflegt man die unterhalbseits ... des Schiffes dem Kanale zu geben. Ein Ausweichen der ... ist alsdann nicht möglich. Eines muss daher so lange warten, ... das andre die verengte Stelle zurückgelegt hat. Damit diese ... stand aber bei grösserer Länge der Verengung nicht zu ... theilig werde, muss man, wo die Gelegenheit es irgend ge ... Ausweiche-Stellen anbringen, in denen die Schiffe einander ... beifahren können.

Auch zur Verbreiterung des Profiles giebt es oft Ver ... sung. Zuweilen ist die Anlage eines breiteren Kanales ... feiler als die eines engeren, namentlich wenn das Terrain ... und es an der zur Ausfüllung nöthigen Erdmasse fehlt. ... Fall ereignet sich zuweilen selbst in Gebirgsgegenden; in ... Niederungen oder in Marschen kommt er häufig vor. Man ... winnt daselbst beim Ausgraben des Kanalbettes so wenig, ... dass man eine grosse Breite wählen muss, um den zur D ... lung der beiderseitigen Dämme erforderlichen Bedarf zu er ... Dabei kommt freilich der Umstand in Betracht, dass der ... in diesem Falle sehr werthvoll zu sein pflegt, und man ... bedeutende Kosten zur Beischaffung der Erde aus weiterer ... fernung verwenden darf, um die Fläche, die man der Cultu ... sieht, möglichst zu vermindern.

Von einer andern Veranlassung zur Vergrösserung der ... (ist bereits (§. 119) die Rede gewesen. In sehr kurzen ... atrecken wird nämlich eine solche nothwendig, um der W ... Fläche die nöthige Ausdehnung zu geben, damit eine und m

Massen darin aufgenommen, oder davon abgezogen werden können, ohne den Wasserstand in nachtheiliger Weise zu heben, oder zu senken. In ähnlicher Art muss man auch diejenigen Schifffahrts-Kanäle, die zugleich Entwässerungs-Gräben von Niederungen sind, so breit machen, dass sie diesen Zweck vollständig erfüllen können. Besonders tritt dieses Bedürfniss ein, wenn der Kanal durch ein Siel in die See mündet, welches sich nur zur Zeit des niedrigen Wassers öffnet, also während der Zeit geschlossen bleibt. Ist der Kanal an der Binnenseite des Siels sehr weit, so bietet er hinreichenden Raum, dass auch längere Zeit nach dem jedesmaligen Schlusse der Thore das Wasser in der Niederung ihm zufließen kann, und sobald das äussere Wasser sich hinreichend tief gesenkt hat, so führt er die ganze gesammelte Masse sehr schnell ab. Eine Vorbereitung des Kanals zu diesem Zwecke ist um so dringender, je kürzer die Dauer der jedesmaligen Auswässerung ist, oder je niedriger das Siel gegen den Meeresspiegel liegt.

Indem die Sielöfen häufig so eingerichtet sind, dass auch Schiffe durchfahren können, dieses aber immer nur während der kurzen Zeit statt findet, wo der äussere und innere Wasserstand sehr nahe gleiche Höhe haben, so ist die Verbreiterung des Binnen-Kanals auch noch deshalb nothwendig, um eine Art von Hafen zu bilden, worin die Schiffe diesen Zeitpunkt abwarten können.

Auch in andern Kanalstrecken muss man für den nöthigen Raum sorgen, worin Schiffe liegen können, ohne den Verkehr zu hemmen. Besonders ist dieser an solchen Stellen nöthig, wo die Schiffe beladen oder entladen werden. Doch müssen ausserdem auch in nicht zu grossen Entfernungen ähnliche Erweiterungen gebracht sein, da möglicher Weise auch andere Ursachen eine Unterbrechung einer Fahrt veranlassen können. Man nennt diese Erweiterungen Kanalhäfen. Der Warne-Rhein-Kanal ist in dieser Anzahl mit denselben versehen (§. 118). Sie haben ausserdem auch noch den Zweck, das Wenden der Schiffe möglich zu machen, wozu die gewöhnliche Breite des Kanales keine Gelegenheit giebt.

Endlich wäre hierbei noch zu erwähnen, dass unmittelbar neben den Schleusen in mehrfacher Beziehung eine Verbreiterung des Kanales sehr nützlich ist. Eines Theils fordert solche

schon die Ansammlung der Schiffe, die bei lebhaftem Verkehr besonders häufig eintritt. Sodann senkt sich auch beim plötzlichen Öffnen der Schütze in den Oberthoren der Wasserstand in den engen Ober-Kanäle so bedeutend, dass die Schiffe sich leicht den Grund oder auf die Dossirungen aufstellen (§. 96) und Schaden leiden können. Dieses wird aber vermieden, wenn der Kanal breiter ist, in welchem Falle viel schneller das Wasser zufließt, also die momentane Senkung des Niveaus nach der Schleuse geringer wird. Endlich tritt bei der gewöhnlichen Anordnung noch eine grosse Verzögerung im Aus- und Einlaufen der Schiffe nach der Schleuse ein, und es ist unmöglich, sie sogleich hineinzubringen, nach dem das erste in entgegengesetzter Richtung herausgegangen ist. Das Schleusenhaupt ist daher so schmal, dass das Schiff beim Herausfahren wenig von der Richtung der Axe der Schleuse abweichen kann, es bleibt bis es beinahe ganz in den Kanal gekommen ist, in der Mitte der Schleuse, und da diese mit der des Kanales zusammenfällt, bleibt es auch in der Mittellinie des letzteren. Wenn daher der Kanal nur die gewöhnliche Breite hat, so ist ein Vorbeifahren und Entgegenkommen der Schiffe nicht früher möglich, als bis das Erste schon vollständig die Schleuse verlassen hat, und am Ufer gezogen ist. Das entgegen kommende Schiff muss daher einer Entfernung, die grösser als die Länge des Schiffes von der Schleuse warten, und man darf es auch nicht früher in Bewegung setzen, als bis das andere so weit vorgegangen ist. Man empfiehlt aus diesem Grunde, die Axe der Schleuse nicht mit der des Kanales zusammenfallen zu lassen, sie vielmehr weit seitwärts zu verlegen, dass das herauskommende Schiff seine Richtung zu verändern, schon in die Nähe des einen Ufers geführt wird, also den Raum frei lässt, den ein anderes braucht, um sich der Schleuse zu nähern. Der Vorschlag scheint ganz angemessen, wenn eine Verbreiterung des Kanals nicht zulässig sein sollte. Bequemer ist es aber gewiss, wenn der Kanal neben den Schleusen so breit gemacht wird, dass drei Schiffe liegen, oder einander vorbeifahren können.

Die Dossirung der Seitenwände des Kanals hängt vorzugsweise von der Beschaffenheit des Bodens ab. Besser aus gewachsenem Felsen, so kann man die Wände

zu führen, gewöhnliche Erde verlangt aber eine flache Böschung, und wenn vollends der Boden sehr lose und beinahe weig ist, so erhält er sich nur, wenn er sehr flach abgestochen und aufgeschüttet wird. Bei den verschiedenen, am häufigsten vorkommenden Erdarten, die sich namentlich durch den stärkeren oder schwächeren Zusatz an Sand von einander unterscheiden, sind die Böschungen zwar bald etwas steiler und bald flacher, diese Unterschiede sind indessen nicht gross, indem selbst für die festeste Erde eine einfache Anlage nicht genügt, und dagegen eine zweifache Anlage auch in sehr leichtem Boden, wenn derselbe mit Wasser mit Rasen bedeckt oder auf andre Weise gesichert ist, hinreichend ist. Jedenfalls wird eine Kanal-Anlage durch die starke Abflachung der Böschungen sehr vertheuert, indem dadurch theils die Breite, und sonach auch die Grösse der anzusetzenden Grundstücke zunimmt, theils aber auch die Erdarbeit bedeutender werden. Man muss deshalb in jedem Falle sich bemühen, die Böschungen so steil zu halten, wie dieses mit Rücksicht auf die Consistenz des Bodens irgend zulässig ist.

Bei den Englischen Kanälen haben die innern Böschungen ohne Ausnahme nur die  $1\frac{1}{2}$  fache Anlage, auch in Frankreich und Nord-Amerika giebt man ihnen keine flachere Neigung, und dabei hin und wieder auch Abbrüche sich zeigen, so findet es vortheilhafter, diese durch eine solide Deckung wieder zu verbessern, als überall die kostbare Abflachung der Ufer gleichmässig zu wählen. Bei uns pflegt man die Dossirungen flacher zu machen: zweifache, dreifache und selbst noch grössere Anlagen kommen nicht selten vor, und man wählt sie, weil steilere Böschungen in der Höhe des Wasserspiegels oft abbrechen, und dadurch ausser der Beschädigung der Ufer auch Verflachungen im Grunde veranlasst werden. Obwohl nun aber diese Abbrüche allerdings um so leichter entstehn, und sich auch um so leichter beheben, je steiler die Ufer sind; so fehlen sie doch auch keineswegs bei flachen Ufern, da sie durch äussere Ursachen verursacht werden. Namentlich giebt der Wellenschlag, der theils von Winde, theils auch von den vorbeifahrenden Schiffen herkommt, gewöhnlich die Veranlassung zu ihrem Entstehen und zu ihrer Vergrösserung. Indem aber die Erde in der Höhe des Wasserstandes abbricht, so bildet sich daselbst eine steilere Abstufung,

und das gelöste Material stürzt längs der Dossirung herab, dass diese in der Nähe der Kanalsohle sogar flacher wird, als sie ursprünglich war.

Ein andrer Grund der Beschädigung der Dossirungen ist der Wechsel des Wasserstandes. Solcher kommt zu den meisten Schiffahrts-Kanälen nicht vor, weil die Zölle nach dem Bedürfnisse der Schifffahrt regulirt, und ganz verändert werden, sobald der normale Wasserstand dargestellt ist. Anders verhält es sich jedoch mit solchen Kanälen, die als Fluthgräben sind, und dadurch theils unmittelbar durch Einnahme leiden, noch mehr aber dadurch, dass der Wasserstand einem bedeutenden Wechsel unterworfen ist. Indem nämlich während des höhern Standes die Ufer stark durchnässt werden, und das gesogene Wasser beim Wiedereintritt des niedrigeren Standes den Kanal quillt, so reisst es die Erdtheilchen mit sich fort, es zeigen sich oft in sehr kurzer Zeit bedeutende Uferabbrüche. Die Erscheinung ist dieselbe, deren schon oben bei Gelegenheit der Futtermauern (§. 51) Erwähnung geschehen ist. Bei Schiffahrts-Kanälen tritt sie aber häufig um so auffallender ein, wenn der Wasserstand darin nicht langsam herabsinkt und die Erde nach und nach ihr Wasser absetzen können, vielmehr eine plötzliche Senkung als Fluthgräben plötzlich aufhört, sobald das Oberwasser sich tief genug gesenkt hat, und durch den Abschluss des Wassers plötzlich der tiefere normale Stand dargestellt wird.

Hiernach rechtfertigt sich auch die Vorsicht, das Wasser nur langsam abfliessen zu lassen, falls man etwa wegen zunehmender Reparaturen eine Kanalstrecke trocken legen will. Jedenfalls ist es aber vortheilhafter, dieses ganz zu vermeiden, und die nöthige Vertiefung durch Baggern zu bewirken. Bei Schleusen, wenn sie trocken gelegt werden müssen, durch die Dämme abzusperren, wozu in den meisten Fällen die Dämme benutzt werden können. Eine solche Trockenlegung einer Kanalstrecke ist besonders bedenklich, wenn viele Quellen hinfliessen. Neben der Mündung derselben pflegen die Ufer abzuweichen, abzubrechen, und dasselbe geschieht auch schon beim ersten Graben einer solchen Strecke. Die Beschädigungen sind bedeutend, und wiederholen sich so häufig, dass die grössere Sorgfalt wegen der spätern Unterhaltung des Kanales sich



scheint, und man wohl die Ueberzeugung gewinnt, dass Irrungen viel zu steil gewählt waren. Ein solcher Zustand ist nicht dauernd, denn sobald die Strecke mit Wasser bedeckt wird, tritt der Druck des letztern dem des Quellwassers entgegen, und das Gleichgewicht der Ufer ist gemeinhin sogleich gestört, und die bisherigen Beschädigungen hören auf. Aus Grunde ist es sogar vortheilhafter, in solchem Falle schon eine Vertiefung durch Baggern, als durch Graben zu be-

zwecken. Zur Vermeidung jener Beschädigungen in der Höhe des Ufers hat man oft ein Mittel angewendet, welches das Profil etwas verändert. Man bringt nämlich in geringer Entfernung unter dem Wasserspiegel Bankete oder Bermen von geringer Breite an. Sie sind gemeinhin nur 3 Foss breit, und oft sehr schmaler, und liegen etwa 6 Zoll unter dem Wasserspiegel. Man pflanzt sie mit Schilf und andern Wasserpflanzen, die man auch gut zu gedeihen pflegen, und theils dazu dienen, den Wellenschlag zu mässigen, der schon durch die geringe Wasserhöhe der Berme etwas geschwächt wird, theils aber fangen sie auch um so sicherer die von oben herabfallenden, oder vom Wasser mitgeführten Erdtheilchen auf. Der Zweck der Bermen ist also theils, durch Schwächung des Wellenschlages den Beschädigungen vorzubeugen, theils aber, wenn diese dennoch eintreten, oder aus anderer Veranlassung die Erde herabfallen, letztere in so geringer Tiefe aufzufangen, dass sie mit Leichtigkeit wieder abgegraben und aufgebracht werden kann.

Über den Nutzen dieser Bermen sind die Ansichten sehr verschieden. Aus mehreren Französischen Kanälen, wo man sie ursprünglich angebracht hatte, sind sie verschwunden, und oft geteilt man sie für ganz nutzlos, und sogar für schädlich, insofern sie die Breite des anzukaufenden Grundes vergrössern. Die Bermen selbst grossen Beschädigungen ausgesetzt sind, namentlich während der Schiffahrt, leidet keinen Zweifel, indem die leeren Bermen oft vom Winde darauf geworfen werden, und die Bermenpflanzungen zerstören. Noch mehr leiden sie vom Vieh, welches an der nöthigen Aufsicht mangelt. Dieses hält sich in Sommertagen besonders gern auf den Bermen auf, und dabei nicht nur die Pflanzungen, sondern erweicht auch

den durchnässten und lockern Boden so vollständig, dass er in die Tiefe herabstürzt. In dem Marne-Rhein-Kanale (S. 51) hat man indessen noch neuerdings wieder schmale Berme gebracht, woraus man sieht, dass die Nutzlosigkeit derselben keineswegs durch die bisherigen Erfahrungen vollständig erwiesen sein kann. In den Englischen Kanälen kommen sie nie vor; gegen wendet man bei diesen ganz gewöhnlich noch andern Mittel an, um den Abbruch der Ufer zu verhindern, die spätere Gelegenheit der Erdarbeiten beschrieben werden sollen.

Sehr wirksam kann man demjenigen Abbruche der Ufer entgegen, der durch Quellen und überhaupt durch das eintretende Wasser veranlasst wird, wenn man die Ufer in der Nähe des Kanales nur wenig über den Wasserstand vortreten lässt. Jede Seite des Kanales befindet sich jedesmal ein Leinpfad, und sind deren auch zwei, nämlich auf jedem Ufer einer angebracht. Wenn aber auch nur auf dem einen Ufer ein solcher besteht, ist es doch zur Unterhaltung des Kanales, so wie auch zum Interesse der Schiffahrt nothwendig, auf der andern Seite mindestens einen schmalen Fusspfad einzurichten. Diese Pfade liegen auf geringer Höhe über den Wasserspiegel des Kanales. Sie brauchen nur soweit darüber sich zu erheben, dass sie wohl nicht fordernd feucht bleiben und dadurch ungangbar werden. Hier ist eine Höhe von 1½ bis 2 Fuss vollständig ausreichend. Dasselbe genügt nicht nur für den Leinenzug, sondern ist sogar für den Fuhrmann bequemer, als wenn sie bedeutend grösser angenommen würden.

Wenn ein solcher Pfad durch Aufschüttung gebildet ist, braucht er an dem Fusse seiner äussern Dossirung mit einem Graben versehen zu werden, wiewohl dieses zuweilen aus andern Gründen geschieht. Die äussere Dossirung, die keine Beschädigungen ausgesetzt zu sein pflegt, macht man aber nicht anders als die Beschaffenheit des Bodens irgend gestattet, und giebt häufig nur die 1½ fache Anlage. Hinter demjenigen Pfade, in dem Abtrage liegen, müssen dagegen Gräben angebracht werden, um das Bergwasser aufzufangen und abzuleiten, weil das Wasser, wenn es über den Pfad in den Kanal treten sollte, denselben beschädigen und den letztern durch die Erde, die es mit sich führt, verfluchen würde. Der Graben dient hier aber auch zum Abfange der Quellen, und er erfüllt diesen Zweck

er, je tiefer er liegt. Wenn man ihn aber auch nur einen Fuss tief macht, so liegt seine Sohle schon nahe über dem Wasserspiegel des Kanales. Die in ihn tretenden Quellen und andern Ueberläufe beschädigen freilich seine Ufer und füllen sein Bett theilweise an, wie es geschehn würde, wenn sie sich in den Kanal ergiessen könnten, nichts desto weniger wird aber in jedem Falle der grosse Vortheil erreicht, dass die Beschädigung und Sand- und Kies-Ablagerungen nicht in der Tiefe und dem Wasser vorkommen, vielmehr in dem flachen Graben, der selten ganz mit Wasser gefüllt, und grossentheils trocken ist. Die Böschung, welche sich hinter dem Graben erhebt, kann den Fälln noch etwas steiler, als die äussere Böschung der beschütteten Dämme gehalten werden, weil sie in dem abgelagerten Boden eingeschnitten wird. Bei grosser Höhe ändert sich auch dieses Verhältniss, und alsdann muss man sie sehr flach machen, auch in andrer Weise sichern, damit keine Abstürzungen eintreten. Hiervon wird wieder später bei Gelegenheit der Erdarbeiten die Rede sein. Die Figuren 364 bis 366 auf Taf. LXXV dienen zur Erläuterung der eben beschriebenen Kanal-Profile. Die beiden ersten stellen zwei Englische Kanäle dar, und sind zum Zwecke hier mitgetheilt, Fig. 366 ist aber das Profil des Rheinkanales und zwar für eine Stelle, die sich auf einem Abhange hinzieht, daher theils im Auftrage und theils im Untertrage liegt.

Die Kanalschiffe werden fast überall durch Pferde gezogen, so dass die Transportkosten sich alsdann viel billiger stellen, als wenn der Zug durch Menschen ausgeübt werden müsste. Die Anzahl der Pferde, die vor ein Schiff gespannt werden, ist aber von der Grösse desselben und von dem Gewichte der Ladung abhängig. Mehr als zwei Pferde sieht man nur selten vor einem Kanalschiffe, weil die Kanäle nur stehendes Wasser enthalten, also keine Strömung zu überwinden ist. In England, wo die Kanäle, wie bereits erwähnt, ziemlich schmal sind, werden sie gewöhnlich nur von einem Pferde gezogen, und häufig zieht sogar ein Pferd mehrere Schiffe. Man muss bei Aufstellung des Entwerfers zu einem Kanale den Verkehr auf dem Leinpfade kennen, weil sich hiernach die demselben zu gebende Breite richtet, so dass nur ein Pferd vor jeden Schiffszug gespannt wird; so gegeben, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

nügt schon eine Breite von 6 Fuss, wie in England oft vorkommt, besonders wenn kein Begegnen der Pferde auf demselben Pfade eintreten kann. Wenn dieses aber der Fall ist, so wird ein Schiff von zwei Pferden gezogen, so ist wenigstens die Breite von 10 Fuss erforderlich, wiewohl man in manchen Fällen eine etwas geringere gewählt hat. Soll der Pfad nur durch einen besondern Leinpfad betreten werden, von denen oft mehrere hintereinander derselben Leine ziehen, so kann man nicht füglich den Pfad als sechs Fuss machen, doch genügt die Hälfte schon, da derselbe nicht zum Ziehen der Schiffe bestimmt ist, vielmehr dazu dient, um an jede Stelle des Kanales gelangen zu können.

Es ergibt sich hieraus, dass die Mehrkosten bei einem Leinpfade von zwei Leinpfaden nicht bedeutend sind, insofern derselbe doch durch einen Fusspfad ersetzt werden muss, da gegen kann andererseits der zweite Leinpfad auch ohne sonderliche Erschwerung der Schiffahrt entbehrt werden. Die Engländer haben ihre Kanäle indessen grossentheils nur mit einem versehen, und das Begegnen zweier Schiffe erfolgt, ohne dass eine Leine gebraucht wird, auch nur ein Schiff zum Stillstande gebracht werden dürfte. In jenem Falle, welches das auswärtig fahrende Schiff zieht, nämlich, sobald das andre ihm begegnet, etwas langsamer, durch senkt sich die Leine, und das zweite Pferd geht weiter fort, während auch zugleich das zugehörige Schiff, welches dem Leinpfade bleibt, über die lose Leine gleitet. Der Anstoss und die Störung der Fahrt ist demnach so unbedeutend, dass kaum beachtet werden darf, doch müssen bestimmte Vorschriften erlassen sein, aus denen sich ergibt, welches Schiff neben dem Leinpfade bleiben, und welches sich davon entfernen soll. Je desto weniger kann bei sehr heftigem Winde doch das Fortfahren in dieser Weise schwierig und sogar gefährlich werden, wenn nicht grosse Vorsicht dabei angewendet wird, und daher allerdings für den Betrieb der Schiffahrt etwas vorteilhaft, wenn der Kanal mit zwei Leinpfaden versehen ist, von denen der eine in einer Richtung, auf dem andern aber in entgegengesetzter gezogen wird.

Noch wäre zu erwähnen, dass man einen einzelnen Leinpfad an derjenigen Seite des Kanales anzulegen pflegt, die dem vorherrschenden Winde zugekehrt ist. Die Leine zieht nämlich je

Schiff nach der Seite des Leinpfades hin, und diesem Seitenkanal nur dadurch begegnet werden, dass man das Schiff mit des Ruders etwas nach der andern Seite wendet (§. 95). Wenn auch der Wind das Schiff in derselben Richtung seitwärts treibt wie die Leine, so muss es noch weiter abgekehrt werden, und kann alsdann leicht den ganzen Kanal sperren, und dadurch einen viel grössern Widerstand. In vielen Fällen ist schwer zu bestimmen, ob der Wind häufiger von der Seite eines oder des andern Kanalaufers weht. Alsdann thut man den Leinpfad auf die Thalseite zu legen, oder auf dasjenige Ufer, das vorzugsweise durch Auftrag dargestellt ist. Dieses findet sich dadurch, dass die Bergseite den darüber streichenden Wind schon mehr vom Kanale abhält, und ausserdem ist das Betreten des aufgeschütteten Dammes durch Pferde auch in dieser Beziehung für die Erhaltung der Wasserdichtigkeit desselben vortheilhaft. Die grössere Breite, die dieser Damm zur Sicherung gegen ein zu starkes Durchquellen des Wassers annehmen muss, macht denselben aber auch gemeinhin schon zur Anlage als Leinpfad ganz geeignet, während die Anlage eines solchen auf der andern Seite des Kanales grössere Kosten verursachen würde.

Der Seitengraben ist bereits Erwähnung geschehn, auch ist bemerkt worden, dass dieselben auf der Bergseite nothwendig sind, das herabfliessende Wasser vom unmittelbaren Eintritt in den Kanal abzuhalten. Gemeinhin führt man das Wasser, welches sie abhalten, gar nicht in den Kanal, vielmehr mittelst Durchlässen demselben fort nach der Thalseite. Man giebt ihnen daher ein angemessenes Längengefälle, und wo das Terrain es gestattet, lassen sie im Fallkessel gestürzt, welche in die Durchlässe münden. Auf der Thalseite fehlen gemeinhin dergleichen Seitengräben, die Wassermenge, welche bei starkem Regen von der Aussidossirung des Leinpfades herabfliesst, zu unbedeutend ist, dass sie eine solche Anlage erforderte. Eine Ausnahme findet in dem Falle statt, wenn die Filtration aus dem Kanale sehr stark ist, und man theils das nebenliegende Terrain vor Versumpfung schützen, theils auch das Quellwasser nicht ganz verloren, vielmehr dasselbe der nächst unterhalb belegenen Kanalarbecke wieder zuführen will. Wie wichtig beide Gründe auch



sind, so darf dennoch nicht übersehen werden, dass durch die Erleichterung des Abflusses die Ergiebigkeit der Quellen vermehrt, also die Filtration vermehrt wird. Letztere wird nämlich dem, was früher darüber mitgetheilt ist, um so bedeutend grösser die Niveaudifferenz in den beiderseitigen Wassersüben ist. Durch Anlage des Seitengrabens auf der Thalseite kann aber den untern Wasserspiegel, und erleichtert sonach die Bildung der Quellen. Es giebt indessen noch einen Grund, weshalb man zuweilen solche Gräben ausführt, nämlich um die Grenze des zum Kanale gehörigen Terrains zu bezeichnen oder das Uebertreten des Viehes zu verhindern.

## §. 122.

**Speisung und Entlastung der Kanäle.**

Welcher Wassermenge ein Schiffahrts-Kanal bedarf, um erforderliche Fahrtiefe dauernd zu behalten, ist bereits angegeben worden (§. 119), auch ist schon darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Bedarf keineswegs mit der im ganzen Jahre anlangenden Wassermenge in Vergleichung zu stellen ist, weil die Ausgleichung des Ueberschusses in einer Jahreszeit, gegen den Mangel in einer andern nicht erfolgen kann; man muss vielmehr die Zeit der anhaltenden Dürre in Betracht ziehen, weil in dieser Zeit nicht nur die Zuflüsse am geringsten sind, sondern auch der Bedarf am grössten wird. Sehr vortheilhaft ist es, wenn in dieser Zeit noch die ganze zur Speisung des Kanales erforderliche Wassermenge durch die Ergiebigkeit der in der Umgegend und in gehöriger Höhe befindlichen Bäche gedeckt wird; wenn man die Wassermenge der Bäche misst, ist bereits bei Gelegenheit der Wasserleitungen (§. 19) mitgetheilt, und die dort angegebenen Methoden finden auch im vorliegenden Falle ihre ständige Anwendung.

Andrerseits kann man, wenn die Bäche nicht ausreichen gefunden werden, das zur Zeit des starken Regens oder beim Schmelzen des Schnees abfliessende Wasser in grosse Reservoirs auffangen, und später mit demselben den Kanal speisen. Man darf freilich von diesem Mittel sich nicht zuviel versprechen, da nur ein mässiger Theil des gesammelten Wassers in den

dar sich verwenden lässt. Nichts desto weniger ist die geringe Vermehrung der Wassermenge oft von grossem Nutzen, und hierzu bieten in der That solche Reservoirs Gelegenheit, woher man sie bei den meisten Kanälen angeht, deren Scheitelstrecken in bedeutender Höhe liegen. Führen die Reservoirs noch andre Vortheile, welche bei steter Benutzung der Bäche nicht zu erreichen sind. Willen werden die Scheitelstrecken der Kanäle mittelst Wasserhebungs-Maschinen gespeist. Dieses geschieht Andern auf dem Grand-Junction-Kanale in England, dem Oise-Kanale in Frankreich, dem Kanale zwischen Paris und Brüssel in Belgien und wiederholt sich auch sonst.

Im letztbenannten Kanale hat man aber statt der sonstigen Pumpen, Archimedische Schnecken erbaut, welche durch Wasser bewegt werden. Noch wäre eines andern Mittels zur Speisung der Kanäle zu erwähnen, das mehrfach vorgebracht, hin und wieder auch versucht ist, indessen, soviel ich weiss, niemals einen namhaften Erfolg gehabt hat. Dieses sind die Artesischen Brunnen. Bei Gelegenheit der Beschreibung derselben (§. 9) sind bereits einige missglückte Versuche dieser Art namhaft gemacht worden. Es kann allerdings Abrede gestellt werden, dass die Bohrlöcher unter gegebenen Verhältnissen sehr bedeutende Wassermassen liefern, diese auch zur Speisung eines Kanales benutzt werden können, aber man darf sich doch kaum mit der Hoffnung schmeicheln, dass man in einem hohen Terrain und namentlich auf der Wasserscheide einer Gebirgsgegend reiche Adern aufzuschliessen und zu eröffnen, die unter so starkem Drucke fliessen, dass sie in der erforderlichen Höhe ansteigen.

Umgleicht man die Bäche, welche dem Kanale unmittelbar ihre Wassermenge zuführen, mit dem Zuflusse aus anderen Quellen, so haben die letztern, wenn sie an Sicherheit gegen auch nachstehende, doch in gewisser Beziehung unverkennbare Vorzüge vor jenen. Sie stellen jedenfalls, wenn auch im geringsten Grade, einige Ausgleichung dar. Zur Zeit des starken Regens kann man von der Reichhaltigkeit der Bäche Gebrauch machen, oder doch nur einen sehr beschränkten Gebrauch machen, während schon die kleineren Zuflüsse den Kanal hinreichend

speisen, und gerade in dieser Zeit die Wasserverluste durch Verdunstung und Filtration sehr geringe sind. Wenn man die Bäche in Reservoirs auffängt, so spart man für spätere Wassermassen, die sonst ganz unbenutzt abfliessen würden, obwohl sie bis zur Verwendung sehr grosse Verluste erleiden. Der Theil, der wirklich benutzt wird, doch als reiner Gewinn betrachten, und kann oft zur Abwendung grosser Verlegenheiten dienen. Ein anderer Vortheil der Reservoirs tritt ein, sobald zeitweise ein besonders starker Wasserbedarf im Kanale besteht. So kann es geschehn, dass zufällig die Schiffahrt ausserordentlich steigt, und die Wassermenge der Bäche, welche keine anhaltende Dürre vorhergegangen ist, doch nicht ausreicht, um beim ununterbrochenen Durchschleusen der Schiffe die nöthigen Füllmassen zu liefern. Aus einem Reservoir kann gegen den Mehrbedarf einzelner Tage leicht entnommen, und durch einer Unterbrechung der Schiffahrt vorgebeugt werden, grösser ist aber der Nutzen der Reservoirs beim Aufbruch der Kanalstrecken, die trocken gelegt waren. Der Bach würde freilich auch benutzt werden können, aber wenn seine Wassermenge auch den gewöhnlichen Bedarf des Kanals nur wenig übersteigt, so würden doch oft mehrere Tage, und bei langen Strecken vielleicht Wochen vergehn, bis der Bach den zur Schiffahrt erforderlichen Wasserstand dargestellt hätte. Den Abfluss aus dem Reservoir kann man dagegen bis zu gewissen Grenzen verstärken, und so ist es möglich, dadurch die Zeit der Schiffahrt ausserordentlich abzukürzen, und die Schiffahrt viel früher zu eröffnen.

Es soll zunächst von der Zuleitung von Bächen in die Kanäle die Rede sein. Man lässt dieselben aber nicht unmittelbar in den Kanal treten, sorgt vielmehr stets dafür, dass sie nur soviel Wasser an diesen absetzen, als er bedarf. Im gegengesetzten Falle würden sie nicht nur bei jeder Anschwellung sondern auch zu andrer Zeit, sobald der Bedarf des Kanals etwas ermässigt, den Wasserstand in demselben zu erhöhen, und wenn nicht die Schütze in den Schleusen bald geöffnet würden, ein Ueberströmen der Kanaldämme, und Zerstörung veranlassen. Die Bäche behalten daher nach künstlicher Leitung ihre natürlichen Betten, und ergiessen

Da sie reichen Zufluss haben, nach wie vor in die letzteren. Einiger Theil ihrer Wassermenge, den man zur Speisung des Baches braucht, wird aber abgefangen, und in einem besondern Speisegraben demselben zugeführt. Zu diesem Zwecke erbaut man in dem Bachbette dicht unterhalb der Mündung des Speisegrabens entweder ein festes Wehr von angemessener Höhe, um einer starken Verflachung des Bettes an der Grabenmündung vorzubeugen, eine andre Stau-Vorrichtung, die man bei ganz ausser Thätigkeit setzen kann. Diese Vorrichtung soll aber einen möglichst wasserdichten Schluss darstellen, da zur Zeit der Dürre der ganze Inhalt des Baches dem Graben durch diesen dem Kanale zufliesst. Die verschiedenen in den beschriebenen beweglichen Wehre eignen sich daher hierzu sehr, als eine mit Schützen versehene Freiarche, durch welche das Wasser ansammeln, und wenn es erforderlich ist, auch dem Bachbette ganz abhalten kann. Ausserdem erbaut man in der Mündung des Speisegrabens eine zweite Arche, um den Eintritt des Wassers zur Zeit der Anschwellung von dem Graben ganz abhalten zu können. Dieses ist jedoch entbehrlich, da der Bach unmittelbar hinter dem Stauwerke ein starkes Gefälle hat, und sonach der Graben schon allen Zufluss verliert, sobald die Freiarche vollständig geöffnet ist. Der Grund, weshalb man aber das Wasser des Baches, zur Zeit seiner Anschwellung nicht dem Graben zuführen mag, bezieht sich nicht allein auf die Besorgniss, dass dem Kanale zuviel Wasser zufliesse, sondern man will auch das trübe Wasser von dem Graben abhalten, welches in diesem sowohl, als auch im Kanale Verflachungen oder Verflachungen durch Absetzen von Schlamm und Sand veranlassen würde. Noch ist zu erwähnen, dass in der Freiarche ein Wärter wohnen muss, der die Schützen bei jedem nach dem jedesmaligen Bedürfnisse stellt, und namentlich beim plötzlichen Anschwellen des Baches sie vollständig zieht. Die Speisegräben, welche man bei uns auch häufig mit der französischen Benennung Rigolen bezeichnet, erfordern in der Anlage eine grosse Vorsicht, damit sie nicht zu bedeutende Wasserverluste veranlassen. Bis zu welchem Werthe diese Verluste sich steigern, ergiebt sich aus manchen in Frankreich gemachten Messungen, unter denen ich nur die eine mittheilen



will, dass die Rigole St. Privé am Briaro-Kanale, die 4 Meilen lang ist und ein relatives Gefälle von 1:12,400 hat, weilen sogar drei Vierteltheile ihres Inhaltes verliert, so dass nur den vierten Theil des Wassers in den Kanal absetzt, in ihre obere Mündung hineingeflossen ist. Von andern thet man sogar, dass sie zu Zeiten nur den fünften Theil des Wassers behalten. Es ist bereits erwähnt worden, dass grosse Verluste zum Theil davon herrühren, dass das Wasser zu lange in dem Speisegraben aufhält. In der Rigole bildet sich selbst bei starkem Zuflusse nur die Geschwindigkeit von etwa 10 Zoll in der Sekunde, und jedes Wasser braucht daher 21 Stunden, um sie ihrer ganzen Länge durchfliessen.

Der relative Wasserverlust vermindert sich in der Maasse, wie die Zeit der Durchströmung sich verringert. Die Abkürzung der Durchflusszeit kann auf zwei verschiedene Wege hervorgebracht werden, nämlich einmal durch Verkürzung der Rigole, und sodann durch Vergrösserung der Geschwindigkeit in derselben. Das erste Mittel ist indessen von sehr zweifelhaftem Erfolge, denn die Länge des Grabens kann in einem gebirgigen Terrain nur dadurch vermindert werden, dass man die Bergwände verlässt, und denselben in möglichst geraden Linien theils durch tiefe Einschnitte theils über hohe Dämme führt, auch wohl Brückenkanäle über die Bäche erbaut, denen er bezeugnet. Solche Anlagen sind allerdings zuweilen vor, sie sind indessen überaus kostbar, dabei zeigt sich auf denjenigen Theilen der Gräben, die über dem Terrain liegen, wieder eine stärkere Filtration, so dass man statt den beabsichtigten Zweck zu erreichen, den Wasserverlust sogar noch vergrössert. Jedenfalls ist es immer noch ein sehr grosser Gewinn zu betrachten, wenn man den Graben, den man benutzen kann, möglichst nahe am Kanale liegen lässt. Dieser Umstand muss daher schon bei der Wahl der Kanallinie berücksichtigt werden.

Was die Vergrösserung der Geschwindigkeit und des relativen Gefälles betrifft, so ergiebt sich eine solche theils aus der Abkürzung des Speisegrabens. Ausserdem aber auch dadurch zu erreichen, dass man den Bach in grössere



gt. In diesem Falle wird allerdings die Wassermenge, die in den Speisegraben einleitet, geringer, weil jeder Bach, der etwa selbst einem starken Wasserverluste durch Filtration gesetzt ist, nach und nach durch neue Zuflüsse sich verstärkt, daher um so reichhaltiger ist, je später, oder je tiefer ab er aufgefangen wird. Nichts desto weniger kann es geschehen, dass bei einer Ableitung in grösserer Höhe dennoch der Verlust in den Kanal verstärkt wird, indem bei der grössern Windigkeit, womit das Wasser den Graben alsdann durchläuft, der Verlust in demselben viel geringer wird. Welches Gefälle ein Speisegraben erhalten muss, lässt sich im Allgemeinen gewiss nicht angeben, indem die localen Verhältnisse auf einen überwiegenden Einfluss haben. Je weniger die Benetzung des Bodens die Filtration begünstigt, um so schwächere Gefälle sind zulässig, auch darf man diese wohl etwas geringer annehmen, wenn der Graben von scharfen Krümmungen frei ist. In den Speisegräben kommen wirklich sehr verschiedene Gefälle vor.

Zuweilen hat man sie gleich 1:2000 annehmen können, wenn sie andern Falls nur 1:14000 sind. Letzteres betrachtet man als die äusserste Grenze, die man nie überschreiten darf. Auf der andern Seite sind aber sehr starke Gefälle auch nicht immer zu vermeiden, weil die heftige Strömung, die dadurch verursacht wird, die Sohle und die Ufer des Grabens angreift, und Einrisse und Versandungen veranlasst. Man pflegt daher, wenn die Höhen des Baches eine Verstärkung des Gefälles gestattet, dieses nur so weit zu vergrössern, dass die Geschwindigkeit des Wassers nicht über 2 Fuss in der Secunde anwachsen kann. Indessen durch äussere Umstände ein noch stärkeres Gefälle geboten, so müsste dieses durch Wasserstürze, die man an bestimmten Stellen des Grabens anbringt, gemässigt werden. Hierzu dienen Steinschwellen, die in ähnlicher Weise, wie bei der Umleitung des fremden Wassers um eine zu entwässernde Niederung, in künstlichen Betten der Bäche angebracht werden (§. 27). In solcher Fall gehört indessen zu den Seltenheiten, und viel öfter kommt es vor, dass man in entgegengesetzter Weise sich bemühen muss, eine Verstärkung des Gefälles möglich zu machen. Wie man z. B. bei der Rigole St. Privé, deren Länge 5,300 Fuss beträgt, das relative Gefälle von 1:12,400 auf 1:6000

verstärken, so würde, wenn eine merkliche Verlängerung auch nicht erforderlich würde, der Bach schon an einer Stütze abgefangen werden müssen, wo er 5 Fuss 7 Zoll über der Höhe der jetzigen Grabenmündung liegt. Es leuchtet ein, dass dieser Höhenunterschied möglicher Weise schon sehr bedeutenden Einfluss auf die Wassermenge haben kann.

Was die sonstige Anordnung der Speisegräben und Rigolen betrifft, so wird man vorzugsweise sich bemühen müssen, starken Filtrationen vorzubeugen, und daher diese Gräben auf dichten Boden zu verlegen, auch, wo es nöthig ist, sie mit wasserdichten Dämmen einzuschliessen. Ohne dringende Veranlassung wird man sie ferner nicht übermässig verlängern. Wo daher eine sehr bedeutende Abkürzung durch den Uebergang in ein Seitenthal möglich ist, so wird man die Zweckmässigkeit einer solchen Anlage zu prüfen haben. Im Allgemeinen führt jedoch die Rigolen an den Bergabhängen fort, wobei man einen Gewinn hat, dass man alle Seitenbäche und Quellen, die man antrifft, hineinleiten und zur Speisung des Kanales mit benutzen kann. Dabei wäre es freilich ganz unpassend, auch solche Seitenbäche fortwährend hineintreten zu lassen, die Sand und Kies mit sich führen, und in den Zeiten, wo gerade kein Wassermangel stattfindet, sehr grosse Wassermassen liefern. Es müssen also auch bei diesen Speisegräben, so oft sie grössere Ueberkreuzungen, dieselben Anordnungen getroffen werden, die der Schiffahrtskanal unter ähnlichen Verhältnissen erfordert, und welche im Folgenden beschrieben werden sollen.

Zuweilen zieht sich der Speisegraben unter einem nahen Bergabhange hin, von dem zur Zeit eines starken Regens sehr grosse Wassermassen herabstürzen, die vieles Gestein oder anderes Material mit sich führen. Kann man einen solchen ungestörten Wasserlauf nicht unter der Rigole mit Sicherheit hindurchführen, so bleibt noch das Mittel, ihn über derselben nach dem Thale zu leiten. Alsdann ist es am angemessensten, die Rigole zu überwölben und das Bachbett darüber darzustellen. Zuweilen ist man auch gezwungen, die Rigole in einen Schutzkegel, oder in eine natürliche Ablagerung von Steingerölle einzuschneiden, die sich vor der Bergwand gebildet hat, und fortwährend durch nachstürzendes Gerölle von oben her über

In diesem Falle ist gleichfalls die Ueberwölbung nothwendig. Um aber den Kanal zugleich gegen Filtration zu schützen, besonders im losen Gestein übermässig stark sein würde, so setzt man ihn nicht nur von der Seite mit Mauern ein, sondern stellt auch seine Sohle aus einem umgekehrten Gewölbe dar, wendet bei dem gesammten Mauerwerke guten hydraulischen Mortel an. Besonders schwierig wird solche Anlage, wenn Abweichungen zu besorgen sind, die bei gewisser Beschaffenheit des Bodens schon bei ziemlich flachen Dossirungen eintreten. Die Darstellung des überwölbten Kanals ist alsdann nicht genügend, weil derselbe bei eintretender Bewegung der ganzen Steinmasse aus einander gerissen und stellenweise in die Tiefe gezogen werden könnte. Es bleibt alsdann nur übrig, den Fuss der Dossirung gehörig zu befestigen, und durch oft wiederholte Umnagelungen einer Anhäufung und besonders ungünstigen Ablagerung des Materials vorzubeugen, wodurch das Gleichgewicht der Masse, wenn auch nur stellenweise, gestört werden könnte.

Das Profil des Speisegrabens ist abhängig von der Wassermenge, die abgeführt werden soll, und von dem Gefälle, welches ihm giebt. Nimmt er in seinem Zuge noch bedeutende Bäche und Quellen auf, so muss das Profil sich gleichfalls vergrössern, wenn nicht etwa besondere Gründe vorhanden sind, das Gefälle in untern Theile wachsen zu lassen. Jedenfalls wird das Profil reichlich gross gewählt werden müssen, damit es die ganze oberirdische Wassermasse fassen kann, falls auch hin und wieder häufig eine Verflachung eingetreten sein sollte. Um das Material, welches dem Graben durch einzelne Bäche zugeführt wird, oder von der Seite hineinfällt, ohne Beeinträchtigung seiner Wirksamkeit abzulagern, pflegt man ihn zuweilen hin und wieder mit anders verbreiteten und vertieften Stellen zu versehen, die in ähnlicher Weise, wie die Schlammkasten in Röhrenleitungen, wirken. In solchen Stellen vermindert sich die mittlere Geschwindigkeit im gleichem Masse, wie das Profil sich vergrössert; der vom Wasser mitgeführte Sand und die andren Stoffe bleiben daher liegen. Zu solchen Verbreitungen und Vertiefungen findet man aber häufig in den natürlichen Vertiefungen des Bodens eine passende Gelegenheit, so dass die Anlagekosten dadurch nicht mehrt, sondern im Gegentheile oft sogar vermindert werden.

Der grösste Uebelstand bei diesen Speisegräben, wenn sie eine bedeutende Länge haben und durch unebenem im Felsboden geführt sind, pflegt die starke Filtration zu sein, die jene bereits erwähnten grossen Wasserverluste Folge hat. Gemeinhin fehlt es aber unter solchen Umständen guter Erde und namentlich an zähem Thon, wodurch die Seitenwänden und der Sohle die nöthige Wasserdichtigkeit könnte. Man pflegt alsdann ein Auskunftsmittel zu wählen, von später noch ausführlicher die Rede sein wird (§. 126). Man leitet, so oft es geschehn kann, trübes Wasser aus den Speisegräben, damit die darin schwebenden erdigen Theile nach und nach die undichten Stellen verstopfen sollen. (Manche Erfahrungen recht günstige Erfolge in dieser Beziehung haben, so darf man sich im Allgemeinen doch nicht davon versprechen. Die Rigole St. Privé wird bereits seit Jahrhunderten mit trübem Wasser gefüllt, und ist dennoch dicht geblieben, wie kaum irgend ein anderer Speisegraben.)

Endlich kommt bei Anordnung der Speisegräben an deren Verbindung mit dem Schiffahrtskanale in Betracht. Es geschieht nicht leicht, dass man ohne besondere bauliche Anlagen die erstere unmittelbar in den letztern übergehn lässt, nur die beiderseitigen Betten, die allein durch Erdarbeiten gestellt sind, zusammenleitet. Gemeinhin versieht man den Graben an seinem Ende noch mit einer Arche, an deren Seitenmauern die Kanaldämme sich anschliessen. Diese wird aber, wie eine Freiarche mit einem gehörig befestigten und namentlich mit einem Fachbaume oder einer massiven Stütze versehen, die schon deshalb unentbehrlich ist, weil der Graben eine geringere Tiefe hat, als der Kanal. Indem es leicht geschehn kann, dass der Erstere mehr Wasser aufnimmt, als der Letztere gerade braucht, so muss die Arche auch mit Stützen oder Dammbalken abgesperrt werden können, um den Kanal zu überlasten. Dieses ist besonders nothwendig, wenn der Graben, wie gewöhnlich geschieht, auf seinem Wege noch Wasser aufnimmt, die zur Zeit des Regens ziemlich bedeutend sein können. Auch empfiehlt es sich, den Speisegraben vor dem Einmündungspunkte noch zu erweitern und zu vertiefen, damit daselbst die



harten Sand- und Kiesmassen sich niederschlagen können, und in den Kanal selbst geführt werden.

Die erwähnte Stauanlage erfordert aber wieder eine zweite Anlage, nämlich zur Ableitung desjenigen Wassers, welches der Kanal nicht aufnimmt. Würde für eine solche nicht gesorgt, so würde das Wasser im Speisegraben so hoch anwachsen, bis es irgend einer Stelle die Dämme überstiege, und sich hier von selbst einen Abfluss bildete, der, wenn er nicht gehörig gesichert wäre, den Durchbruch des Dammes an der überströmten Stelle zur Folge haben würde. Es ist daher am zweckmässigsten, den Speisegraben noch mit einem Seitenabflusse zu versehen, wodurch das Wasser, dessen man nicht bedarf, in denjenigen Bach oder Fluss kann, dessen Thal der Kanal verfolgt. Wollte man hierzu ein Wehr oder einen festen Ueberfall in angemessener Höhe errichten, so würde freilich der nächste Zweck sowohl in Betreff der Speisung des Kanales, als auch der Abführung des höhern Wassers erreicht werden. Vor dem festen Wehre würden sich wieder starke Niederschläge anhäufen, die man vielleicht in kurzen Zwischenzeiten beseitigen müsste. Die Strömung selbst hilft sie aber und führt sie in das Bachbette, wenn man statt des Wehres eine Freiarche erbaut. In letzter Beziehung ist es theilhaft, den Speisegraben an einer Stelle dem Kanale zu nähern, wo letzterer sich über die Thalsohle erhebt, weil also unterhalb der Arche, die das Hochwasser ableitet, ein stärkeres Gefälle stattfindet, also ein kräftiger Strom sich hier bilden kann. Diese grössere Höhe muss man aber auch schon wählen, sei es entweder der Schiffahrts-Kanal, oder der Speisegraben auf der Brücke, oder wenigstens auf einem Durchlasse über den Bach, oder Ersterer über das Freiwasser des Speisegrabens gehen werden muss. Die Nothwendigkeit einer solchen Ueberhöhung leuchtet ein, weil sonst dieses Wasser nicht den Hauptkanal erreichen könnte.

Die Speisegräben, welche das Wasser aus Reservoirs in die Schiffahrts-Kanäle zuführen, unterscheiden sich von den so eben beschriebenen nur dadurch, dass sie nicht fortwährend eine gleichmässige Strömung aufnehmen, sondern abwechselnd grosse Wassermassen abführen, und dann wieder ganz versiegen. Wenn fremde Quellen und Bäche ihnen nicht zufließen, so be-



dürfen sie keiner besondern Anlagen, wodurch man sie mit dem Kanale in Verbindung setzen, oder ihnen einen nach dem Bache neben dem Kanale eröffnen kann, schwindet alsdann die Besorgniss, dass sie sich mit Sand und Geschieben anfüllen möchten, weil sie nur mit dem reinen Wasser aus dem Bassin gespeist werden. Nichts desto weniger ist es nicht leicht, ihnen eine solche Lage zu geben, dass bei Regen nicht bedeutende Wassermengen sich in sie sammeln sollten, und insofern diese wieder Erde, oder grösseres Gestein mit sich führen, so sind gemeinhin auch bei ihnen dieselben Vorrichtungen zu nehmen, wie bei solchen Rigolen, welche unmittelbar dem Kanale zuführen.

Ausser diesen grösseren Speisegräben führt man den, besonders wo Wassermangel zu besorgen ist, so oft die Gelegenheit sich bietet, auch in kürzeren und minder vollkommenen noch kleinere Bäche und Quellen auszunutzen. Man muss aber hierbei um so aufmerksam sein, und die bezeichneten Vorsichts-Maassregeln um so mehr beobachten, je mehr zu besorgen ist, dass zu Zeiten sehr grosse Wassermassen dem Kanale zugeführt, auch in Verbindung mit diesen bedeutende Quantitäten Sand oder Erde oder Kies mitgeführt werden möchten. Um Letzteres zu verhindern, muss man selbst bei den einfachsten Anlagen dieser Art dem zufließenden Wasser über ein festes Wehr zu leiten, wenigstens das grössere Material sich davor ablagert, und der Kanale entfernt gehalten wird. Der Raum vor dem Wehre ist freilich, wenn der Bach viel Geschiebe mit sich führt, sehr leicht, länger Zeit angefüllt werden, oder das Bett des Baches so erhöhen, dass eine fernere Ablagerung darin nicht zu erfolgen kann. Man muss daher, so oft es nöthig ist, das Wehr durch Ausgraben wieder herstellen, und man könnte fragen, ob überhaupt das Wehr von Nutzen ist, da man es auch ohne, wie in dem andern Falle die entstandenen Verstopfungen doch künstlich beseitigen muss. Die bezeichnete Anordnung währt indessen den grossen Vortheil, dass die Ausgrabungen billiger, als die Ausbaggerung ist, und dass die geringste Störung der Schiffahrt, die im letzten Falle eintritt, vermieden wird, die Räumung sich auf den Speisegräben beschränken lässt.

Sehr häufig trifft es sich, dass der Kanal Seitenbäche nutzt, die entweder an sich hoch genug liegen, um zur Speisung benutzt zu werden, oder die man wegen ihres starken Gefalles leicht bis zu dieser Höhe anspannen kann. In welcher Weise der Kanal am vortheilhaftesten das Bachbette kreuzt, soll später besprochen werden, gewöhnlich wird er über denselben fortgeführt, und mit dem Durchlasse, worin der Bach fließt, lässt sich die Stauanlage verbinden, mittelst deren der Bach so gehoben wird, dass er in den Kanal tritt. Eine solche Anordnung ist bei den in neuerer Zeit ausgeführten französischen Anlagen sehr gewöhnlich, auch in dem Marne-Rhein-Kanale wiederholt sie sich vielfach. Fig. 367 a und b zeigt einen solchen Durchlass. Von der Bergseite her fließt der Bach in einem Seitengraben dem Kanale zu, und mit ihm verbinden sich die Gräben, vor dem Leinpfade an der Bergseite des Kanales sich hinziehen. Die ganze vereinigte Wassermenge stürzt sich in einem Fallkessel auf die Sohle des Durchlasses herab. Letzterer ist ganz massiv ausgeführt und über dem Gewölbe horizontal abgeglichen. Dieses Gerüst bildet indessen nicht unmittelbar die Kanalsohle, vielmehr ist es etwa 1 Fuss hoch mit Thon überdeckt. Die erste Uebermauerung erstreckt sich über den ganzen Durchlass: sie beginnt am Fallkessel und endet auf der Thalseite in der Fläche des Gewölbes. Die beiden Widerlager setzen sich bis zur Höhe der Kanaldämme fort, so dass diese sich genau daran abhängen. Die beiderseitigen Flügelmauern bilden ihre Fortsetzung. Auf diese Art ist der Kanal mit zwei Seitenöffnungen versehen, in welchen sich zwischen Werkstein-Einfassungen Dammthore befinden, worin gewöhnlich Dammbalken eingelegt sind. In diejenige Stirnmauer des Durchlasses, die denselben gegen den erweiterten Fallkessel begrenzt, sind andre Falze eingeschnitten, in die ein Schütz sich bewegt. Dieses kann von der hölzernen Leinpfads-Brücke aus herabgelassen und gezogen werden. Wenn der Schütz geöffnet ist, fließt der Bach durch den Durchlass in den Kanal fort, ohne in ihn hineinzutreten. Dieses geschieht so lange die sonstigen Speisegräben dem Kanale hinreichendes Wasser zuführen, also namentlich, wenn der Bach stark angeschwollen ist, und nicht nur trübes Wasser, sondern auch grobe Materialmassen mit sich führt. Er treibt dieselben durch

den Durchlass hindurch. Wenn dagegen trockne Witterung tritt, und der Bach weniger Wasser abführt, so wird das S eingestellt, also der Durchlass geschlossen. Alsdann sammelt das Wasser im Fallkessel und steigt endlich so hoch an, dass über die Dammbalken in den Kanal tritt und denselben füllt. Während dieser Zeit setzt sich allerdings der Niederschlag Wassers im Fallkessel ab, aber sobald man später das S wieder öffnet, wird derselbe bei der heftigen Strömung, die anfangliche hohe Wasserstand verursacht, grossentheils wieder fortgeführt. Sollte indessen diese Aufräumung noch nicht vollständig sein, und vielleicht selbst zur Zeit des freien Abflusses des Hochwassers der Kessel sich zum Theil mit Geschiebe füllen, so ist eine Räumung leicht vorzunehmen, indem der Durchlass so grosse Dimensionen hat, dass er begangen werden kann. Die zweite Oeffnung im Kanale, welche der Thalseite zugewandt ist, dient zum Ablassen des Wassers. Die Dammbalken, welche sie abschliessen, werden in diesem Falle ausgehoben. Ueber diese Oeffnungen führen leichte hölzerne Brücken, welche die Unterbrechung der beiderseitigen Leinpfade aufheben.

Wiewohl man nach dem Vorstehenden möglichst dafür sorgen muss, dass dem Schiffahrtskanale nicht mehr Wasser zugeführt wird, als derselbe bedarf, um bis zum normalen Stande gefüllt zu werden, so kann es doch nicht fehlen, dass die Zuflüsse zuweilen das Maass überschreiten, und alsdann das überschüssige Wasser ablassen werden muss. Die Entlastung kann jedenfalls, wenn sie sich nur auf geringe Quantitäten erstreckt, durch die Oeffnungen in den Schleusenthoren oder die Umläufe erfolgen. In manchen Fällen, wie etwa bei dem Schleswig-Holsteinischen Finow-Kanale, hat man auch besondere Freiarchen neben den Schleusen erbaut, um das Wasser, welches zu Zeiten über den normalen Kanal zuströmt, aus einer Strecke in die andre, und auf diese Weise bis in den Fluss zu leiten. Selbst in dem Falle, dass der Kanal mit einer tiefen Mittelstrecke zwischen zwei Seitelstrecken versehen sein sollte, wird wahrscheinlich immer, wie beim Marne-Rhein-Kanale auch wirklich geschieht, ein Seitenarm zu dem Flusse herabführen, der in dem durchschnittenen Thale sich bildet, und durch die hier belegenen Schleusen wäre ebenfalls die Abführung des Ueberschusses an Wasser möglich.

Nichts desto weniger ist ein solches Verfahren nicht als zweckmässig anzusehn, und man wird es, wo möglich, zu vermeiden suchen, sobald es sich um die Abführung grosser Wassermassen handelt. Die stärksten Zuflüsse, die vom Kanale nicht abgehalten werden können, pflegen in den Gebirgsgegenden vorzukommen, gerade diejenigen Strecken zu treffen, die zur Zeit der Dürre am schwierigsten zu speisen sind. Lässt man nun das hier zuströmende Wasser alle folgenden Kanalstrecken durchlaufen, so findet in keiner derselben eine zweckmässige Verwendung, weil alle zu solcher Zeit schon reichlich mit Wasser versehen sind. Die Strömung, die man aber hierdurch in den Schleusen und im Kanale selbst erzeugt, sind demnach ganz ohne Nutzen für die Schifffahrt, wohl aber werden dadurch leicht Uferbrüche und Versandungen veranlasst. Noch grösser ist der Nachtheil, wenn vielleicht an einer der folgenden Schleusen das Steigen des Wassers nicht bemerkt werden sollte, welches vielleicht die gegen Witterungs-Verhältnisse auch gar nicht erwarten lassen, wonach die Schütze hier nicht zeitig genug geöffnet werden lässt, das Wasser bis zur Höhe der Leiofufsdämme anwächst, und über dieselben seitwärts ergiesst. Es ist daher viel vortheilhafter, solche grosse Wassermassen, die dem Kanale nicht abgeführt werden können, die vielmehr nur von ihm nicht abgeleitet werden können, daraus möglichst bald wieder zu entfernen. Man bietet sich in den obern Kanalstrecken auch jedesmal die Gelegenheit, indem das natürliche Bette des Baches, welches von einer Seite dieses Wasser zuführt, es auf der andern Seite des Kanales, nachdem es denselben gekreuzt hat, leicht wieder nimmt und es sogleich aus dem Bereiche des Kanales entfernt. Es entsteht hierbei nur die Frage, auf welche Weise man das Wasser aus dem Kanale ablassen soll, und dabei ist vorzugsweise der Umstand zu berücksichtigen, dass solche Zuflüsse zuweilen sehr plötzlich und unerwartet kommen. Ein warmer Regen, ein Schneeeis und das Eis trifft, schmilzt oft in sehr kurzer Zeit grosse Massen, und noch plötzlicher schwellen die Bäche bei heftigen Gewitterregen an. Am Abende eines Tages kann leicht gar keine Aussicht vorhanden sein, dass starke Zuflüsse in der Nacht eintreten werden, und doch treffen dieselben schon während der Nacht ein. Wenn der Wärter, der die Freiarbeite bedient, Haudb. d. Wasserbauk. II, 3.



nen soll, das Ziehen der Schütze aber in der Nacht versäumen können Morgens schon die Kanaldämme durchbrochen sein. Ereignisse sind gerade wegen ihrer Seltenheit um so gefährlicher, da die Aufmerksamkeit mit der Zeit verschwindet, und die Erfahrungen eines langen Dienstes leicht den Eintritt solcher Fluthen als unmöglich erscheinen lassen.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in Kanalströmen, die solcher Gefahr ausgesetzt sind, Wasserlöwer anzubringen, von selbst in Wirksamkeit treten. Man möchte zunächst vermuthen, dass der erwähnte Zweck schon vollständig erreicht werden könnte, wenn die Kanaldämme an solchen Stellen, wo das Wasser einen leichten Abfluss findet, in etwas geringerer Höhe gehalten, verstärkt wären, dass sie bei der Ueberströmung nicht über den Krone hinausgingen. Dieses würde also der Fall sein, wenn man die Erddämme durch massive Ueberfälle ersetzte. Bei näherer Betrachtung zeugt man sich indessen leicht, dass hierdurch die Gefahr in den meisten Fällen nicht vollständig beseitigt werden kann. Die Ueberfälle werden, wie bereits erwähnt, im Allgemeinen nicht hoch über den normalen Wasserstand gehalten, weil ihre Anlage sonst, namentlich in Gebirgsgegenden, überaus schwierig und kostbar würde. Ihre Krone wird daher gemeinhin nur 2 Fuss über den normalen Wasserstand gelegt, und wenn man auch über diesen hinausgeht, so wird dasselbe doch nie mehr, als um wenig überschritten. Andererseits muss man Anstand nehmen, den Ueberfall mit dem normalen Wasserstande auf gleiche Höhe zu halten, weil alsdann selbst bei trockener Witterung, während kein Wasser möglichst schonen mag, der Seitenabfluss desselben eintreten würde, wenn zufälliger Weise keine Schiffe die Ueberfälle passirten, und sonach das Wasser während kurzer Zeit etwas anhäufte. Man wird demnach, um solche Verluste zu vermeiden, den Ueberfall vielleicht um einen Fuss oder wenigstens doch um 6 Zoll über den normalen Wasserstand erheben. Dadurch vermindert sich der Unterschied in der Krone der Ueberfälle und der Kanaldämme auf einen Fuss, oder wenigstens auf die Hälfte.

Sobald es sich um Abführung grosser Wassermassen handelt, so genügen die Ueberfälle nur, wenn sie hoch überströmt werden. Liegt ihre Krone nur wenig unter dem Wasserspiegel, so ist theils das Profil des übertretenden Strahles nur geringe, theils



entspricht die Geschwindigkeit desselben auch nur der Druckhöhe. In beiden Beziehungen fällt daher die Wasserschwindigkeit sehr geringe aus, wenn die Stauhöhe nicht bedeutend ist. Zur Zugrundelegung des von Castel gefundenen Coefficienten für den Fall, dass der Ueberfall eben so breit, als das Wehr ist, nämlich  $k = 0,667$  (§. 66), findet man die Wasserschwindigkeit, die jeder laufende Fuss des Ueberfalles bei verschiedenen des Wasserspiegels abführt, folgendermaassen.

Wasserstand über dem Ueberfalle.	Abfliessende Wassermenge.
3 Zoll . . . . .	0,44 Cubikfuss
6 „ . . . . .	1,24 „
9 „ . . . . .	2,28 „
12 „ . . . . .	3,51 „
15 „ . . . . .	4,91 „
18 „ . . . . .	6,46 „
21 „ . . . . .	8,14 „
24 „ . . . . .	9,94 „

Man darf indessen nicht glauben, dass man durch eine entsprechende Verlängerung des Ueberfalles zur Seite eines Kanales eine beliebige Wassermenge abführen könne, ohne den Wasserspiegel ein gewisses angenommenes Maass zu erhöhen. Dieses ist allerdings möglich sein, wenn das Oberwasser im Niveau des Wehres steht. Bei einem Kanale von mässiger Breite, worin das Wasser fließt, bildet sich aber keine horizontale Oberfläche, vielmehr ein gewisses, der Geschwindigkeit entsprechendes Gefälle. Das Wasser steht demnach an derjenigen Stelle, wo der Seiteneintritt, oder wo die Strömung beginnt, höher, als an der Stelle, wo es über das Wehr abfließt. Liegen beide weit von einander entfernt, so kann es leicht geschehen, dass an der ersten Kanaldämme schon überströmt werden, während an der zweiten das Wehr oder der Ueberfall nur so eben zu wirken beginnt.

Gesetzt aber auch, dass der Ueberfall sich in der Nähe des Mündung des Baches befände, der das Wasser zuführt, so kann dennoch der hintere Theil eines längern Ueberfalles nur wenig Wirksamkeit kommen, weil der Wasserspiegel im Kanale vor dem Wehre wieder nicht horizontal ist. Dieses Gefälle des Wassers rührt aber nicht allein von der Strömung, sondern

zum Theil auch von der Verminderung der Wassermassen, denn je mehr Wasser über den von der Strömung zuerst besetzten Theil des Wehres überfließt, um so weniger kann der folgende Theil abführen, und wenn ein Wehr mit hohem Rücken sich in sehr grosser Länge zur Seite des Kanals erstreckt, so darf man nicht erwarten, dass überall das Wasser wirklich darüber fliesst, vielmehr wird die Strömung, wie sie auch ist, sich dennoch nur auf eine gewisse Länge des Wehres ausdehnen, und der folgende Theil desselben wird ganz unwirksam darstellen und vom Wasser nicht benutzt werden.

Es ergibt sich hieraus, dass bei der sehr geringen Differenz, die zwischen der Krone der Kanaldämme und der Krone der Ueberfälle nur zulässig ist, eine bedeutende Differenz der letztern nicht erwartet werden kann. Am günstigsten ist der Fall, wenn man die Stelle genau kennt, wo der Wasserfluss in den Kanal tritt, und man diesem gerade gegenüber einen Ueberfall anlegen kann. Ein solches Verhältniss kommt nicht häufig vor. Gemeinhin giebt es mehrere vom Kanale geschnittene Thäler, von denen bald das eine und bald das andere grosse Wassermassen zuführt, und es verbietet sich wegen grossen Kosten, an allen Stellen Ueberfälle anzulegen, welche vielleicht einst nöthig sein möchten.

Die brunnenartigen Wasserlösen, welche in manchen Englischen Kanälen findet, sind nichts andres als Brunnen, deren Rücken jedoch nicht gerade, sondern kreisförmig gebogen ist. Fig. 369 zeigt einen solchen Brunnen, der einen vollen Cylinder bildet: sobald das Wasser seinen obern Rand erreicht, ergiesst es sich in ihn, und wird in einem überwölbten Canale unter dem Kanaldamme abgeführt. Fig. 371 a und b zeigen einen ähnlichen Brunnen im Durchschnitte und im Grundrisse: derselbe steht nicht frei im Kanale, lehnt sich vielmehr an eine Seitenmauer und stellt nur einen Theil des umfangegebogenen Cylinders dar, der auf zwei Strebepfeiler ruht. Wasserlösen dieser Art sind auf dem Birmingham-Fazeley-Kanal eingeführt.

Die verschiedenen Arten beweglicher Wehre, deren Gebrauch (§. 89) Erwähnung geschehen ist, und die zum Theil bei

Wasserständen sich von selbst öffnen, und sehr bedeutende Querschnitte darstellen, sind bei Kanälen wenig anwendbar, weil sie nicht scharf genug schliessen, und sie daher zur Zeit der bedeutenden Wasserverluste veranlassen würden. Als zweckmässig empfiehlt sich hier nur die schon beim Kanal du Midi benutzte Vorrichtung mit den Hebern, die bei gewissem Wasserstande in Wirksamkeit treten, und alsdann das Wasser mit der dem, der Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit abführen; die Wirksamkeit aber von selbst unterbrochen wird, sobald das Wasser im Kanale bis zum normalen Stande gesunken ist, und eine kleine Röhre die Luft nach dem Scheitel des Hebers ablassen kann. Diese Vorrichtung ist bereits bei Gelegenheit der Entlastungen (§. 20) beschrieben und Fig. 82 auf Taf. VIII. dargestellt worden.

Bei den in neuerer Zeit ausgeführten Kanälen hat man in der gewöhnlich Vorrichtungen dieser Art gar nicht angewendet, vielmehr mit solchen Wasserlösen begnügt, die durch den Druck in Thätigkeit gesetzt werden, indem derselbe entweder die Wehre zieht, oder die Dammbalken aushebt. Der Grund, weshalb man gegenwärtig diese Vorrichtungen den Wärtern anvertraut, ist wohl vorzugsweise darin zu suchen, dass keines der hiedurch ersetzten Ersatzmittel, die man dafür theils vorgeschlagen, theils auch wirklich versucht hat, als ganz zweckmässig und sicher erkannt ist. Dazu kommt aber, dass man in neuerer Zeit mehr Vorsicht anwendet, um das Eintreten grosser Wasserstände in den Kanal zu verhindern, was früher, wo die Anlage von Brücken-Kanälen mehr Bedenken erregte, nicht leicht vermieden werden konnte. Endlich aber pflegt man gegenwärtig, solche Ereignisse auch nicht ganz sicher abgewendet werden zu können, doch den Schaden, den sie verursachen, durch geeignete Vorsichtsmaassregeln möglichst zu mässigen, und namentlich hierzu die Sicherheitsthore, deren Beschreibung hier die letzte Stelle finden dürfte.

Der Zweck der Sicherheitsthore ist die Abschlössung des Kanales. Man könnte hierzu wieder verschiedene der früher benutzten Einrichtungen, die man bewegliche Wehre nennt, anwenden, aber im vorliegenden Falle ist es erforderlich, dass der Abschluss möglichst schnell bewirkt, auch ziemlich wasserdicht

sein muss. Häufig sind diese Thore in der Art aufgestellt, beim Durchbruche eines Kanaldammes, wodurch sogleich starke Strömung in der ganzen Strecke entsteht, dieselbe der Strömung gefasst werden und sich von selbst schliessen muss aber, wenn man dieses beabsichtigt, vorher wissen, an welcher Stelle der Durchbruch erfolgen wird, denn wenn die Strömung eine entgegengesetzte Richtung annähme, oder der Durchbruch auf der andern Seite der Thore statt fände, so würden sie sich nicht schliessen, vielmehr würde der Strom ihre Bewegung noch erschweren. Man kann freilich die Einrichtung treffen, dass der Abschluss in beiden Richtungen von selbst erfolgt, aber dazu müssten zwei Thore, oder zwei Thorpaartheilen benutzt werden, wie allerdings zuweilen geschieht. Jedenfalls kann man die Sicherheitsthore nur in langen Kanalstrecken anstellen, weil es nur bei diesen von besonderer Wichtigkeit ist, dass der ganze Inhalt nicht abflüsse. Sie werden aber so vertheilt, dass sie die Kanalstrecke in zwei oder auch wohl drei ziemlich gleiche Theile zerlegen. Man erreicht hierdurch noch einen andern Zweck, der oft von grosser Bedeutung ist. Wenn z. B. ein Schiff im Kanale verunglückt und sinkt, so sperrt es gemeinlich den Kanal vollständig, und bis es mit der Ladung gehoben ist, ist die Schifffahrt unterbrochen. Das Heben der Ladung und das Ablassen des Wassers ist aber oft sehr zeitraubend, woher man in solchen Fällen es gewöhnlich angemessen findet, die ganze Kanalstrecke in Abschnitte zu theilen. Der Verlust des Wassers kann aber wieder sehr theilhaftig werden, und möglicher Weise eine noch längere Sperrung bedingen, wenn die Speisegräben gerade nicht reichhaltig sind. Ist sonach auch bei einem solchen Ereignisse sehr wichtig, die längere Kanalstrecke in mehrere Theile zu zerlegen.

Man bringt zu diesen Zwecken an solchen Stellen, wo der Kanal bereits aus andern Gründen mit Mauern eingegränzt werden muss, also namentlich unter massiven Brücken Durchlässe an, und hält die erforderlichen Dammbalken in der richtigen Lage. Zur Darstellung eines dichten Schlusses muss auch noch der Boden gesichert, und mit einem holzerne oder massiven Fachbaume versehen sein. Das Einlegen der Balken ist indessen, besonders wenn ein heftiger Strom hindurch fliesst, sehr schwierig und zeitraubend, dass diese Vorrichtung wenigstens

in Dammbrüche die vollständige Entleerung der ganzen Strecke verhindert. Man hat auch versucht, die auf den Strömen unendlich vielfach benutzte Methode des Abschliessens mit senkrecht eingestellter Nadeln (§. 89) zu diesem Zwecke zu nutzen, aber abgesehen davon, dass hierdurch auch die Beschleunigung nicht erreicht wird, ist überdiess der Aufwand so wenig dicht, dass in kurzer Zeit auch die dahinter liegende Kanalstrecke sich vollständig entleert.

Weit vortheilhafter ist, wie in den meisten Fällen auch gewöhnliche Schleusenthore einzurichten, und zu diesem Zwecke ein Schleusenhaupt in der Mitte einer langen Kanalstrecke zu erbauen. Die Oeffnung, die überspannt werden muss, ist aber zu weit, als dass ein einfaches Thor dazu genügt, und zieht sich demnach gezwungen, ein Paar Stemmthore anzulegen. Indem diese nur von einer Seite den höheren Wasserdamm abhalten, so gestatten sie nur das Entleeren der einen Hälfte der Kanalstrecke, und wenn man ihre Wirksamkeit vermindern will, so bleibt nur übrig, daneben noch ein zweites Paar aufzustellen, das in der entgegengesetzten Richtung thätig liegt. Die Anordnung stimmt daher mit derjenigen überein, die man in dem Unterhaupte einer Schleuse zu wählen pflegt, die den Kanal mit dem Strome verbindet, wie solche Fig. 260 auf Tafel LVII. dargestellt ist.

Wenn man ein solches Schleusenhaupt um einige Fuss weicht, als die sonstigen Kanalschleusen sind, so kann man die Thore, indem sie an gewisse vortretende Stützen gelehnt werden, ausserhalb der Thornsichen halten. Falls alsdann eine stärkere Strömung in dem Kanale sich bildet; so werden sie von oben sogleich gefasst, und gegen die Schlagschwellen bewegt, wo sie sich von selbst schliessen. Wiewohl diese Anordnung den Anforderungen möglichst entspricht, so treten ihr dennoch ihre bedeutenden Anlagekosten entgegen, und ausserdem erfordern die Thore vergleichungsweise zu dem sehr seltenen Gebrauche, der davon gemacht wird, auch übermässige Unterhaltungskosten. Ihr oberer Theil, der über Wasser ist, leidet eben wie jedes andere Schleusenthor, und ein Verziehn tritt bei ihnen noch viel früher ein, als bei diesen, weil sie fortwährend



frei hängen, und der Wasserdruck nicht auf sie einwirkt und in die ursprüngliche Form zurückdrängt.

Aus diesen Gründen ist man gegenwärtig auch von Schthoren zurückgekommen, und hat dafür den Abschluss durch ein einfaches Thor gewählt, welches sich um eine horizontale Axe dreht, und sich flach auf den Boden legt, aber sowohl stehendem Wasser, als auch noch leichter, wenn die Strömung seine Bewegung unterstützt, leicht gehoben werden kann. Fig. 360 auf Taf. LXXVII. zeigt die auf dem Kanal du Centre gewählte Einrichtung solcher Thore\*), die daselbst nach mehrjährigen Gebrauche sich auch bewährt hat, und für den Rhein-Marne-Kanal gleichfalls benutzt ist. Aehnliche Einrichtungen sollen auch bei Englischen Kanälen vorkommen.

Das Thor, welches man Fig. 360 a aufgerichtet sieht, zeigt, wie die Seitenansicht b zeigt, um eine starke eiserne Achse, die in vier metallenen Pfannen ruht. Es ist ganz aus Eisen im Verbandstücken zusammengesetzt. Die Schlagsäulen sind an der horizontalen Wendesäule verzapft, und durch zwei Riegel mit einander verbunden, wozwischen noch einige Mittelstiele angebracht sind. Das Thor lehnt sich sowohl unten, als zu beiden Seiten an die mit Werkstücken eingefassten Mauerränder, die man in Fig. b und c bemerkt. Ist das Thor dagegen niedergelassen, so liegt es flach auf dem Boden in der Stellung, die Fig. b in punktirten Linien angegeben ist.

Zum Aufrichten und Herablassen des Thores dienen starke eiserne Stangen (Fig. b), die zur Seite an den Köpfen der Schlagsäulen befestigt sind. Die zum Heben erforderliche Kraft ist sehr geringe, indem bei der Construction des Thores schon darauf gesehen wird, dass das Gewicht desselben in allen Stellungen nahe durch den Wasserdruck aufgehoben wird, doch giebt ihm einiges Uebergewicht, damit es sich nicht von selbst hebt, auch wird dieses durch die Befestigung der Zugstangen verhindert.

Indem das Thor nicht nur von einer, sondern von allen Seiten den Wasserdruck abhalten soll, so ist es auch von allen Seiten verkleidet. Durch den Wasserdruck wird es indessen von einer Seite geschlossen erhalten, daher muss es, wenn

\*) *Annales des ponts et chaussées*. 1841. II. pag. 1.

in entgegengesetzter Richtung erfolgt, noch besonders ab-  
 ist werden, und hierzu dienen vier eiserne, stark verstrehte  
 über, die sich um horizontale Axen drehen. Man bemerkt  
 eben in allen drei Figuren, und zwar in derjenigen Stellung,  
 die das Thor stützen, nur in Fig. a sind sie durch punktirte  
 auch zurückgeschlagen gezeichnet. Zwei derselben treffen  
 oben, und zwei den mittleren Riegel des Thores. Ihre Axen  
 in besondern Seitennischen, damit sie die Bewegung des  
 nicht hindern.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich, niedergeschlagen ist; so  
 es nicht fehlen, dass auf demselben, so wie auf der ganzen  
 des Kanales eine Ablagerung von Schlamm und Sand sich

Wie unbedeutend diese an sich auch sein mag, so tritt  
 doch der Uebelstand ein, dass beim Aufrichten des Thores  
 ganze Erdmasse herabgleitet, und in die Fuge zwischen der  
 desäule und der Schlagsäule stürzt, wo sie entweder das  
 ländige Aufstellen des Thores unmöglich macht, oder aber  
 Schlagschwelle zurückdrängt und die feste Verbindung löst.  
 dieses zu verhindern, und um den Sand und die Erde von  
 Eintreten in jene Fuge abzuhalten, so ist diese fortwährend  
 einem Flügel aus Eisenblech überdeckt, der mittelst einer ho-  
 rizontalen Axe am Thore befestigt ist. Man sieht denselben Fig.  
 dem Vorboden aufliegen, und er ruht auf demselben, auch  
 das Thor niedergelegt ist, nur zieht er sich alsdann etwas  
 nach dem Thorkammerboden zurück. Auch in Fig. c ist  
 der Flügel in der Ansicht von oben dargestellt.

Es ergiebt sich aus dieser Beschreibung, dass das Sicher-  
 thor sich nicht von selbst schliesst, vielmehr muss dieses  
 einen in der Nähe stationirten Wärter geschehn, der bei  
 stndem starken Regen schon das Thor aufrichtet, ehe ein  
 einbruch erfolgt ist. Im andern Falle aber, wenn man näm-  
 einen Theil der Kanalstrecke entleeren will, um ein gesunke-  
 Schiff zu heben, so bietet die Aufstellung des Thores gar  
 Schwierigkeit. Wenn später die Kanalstrecke wieder ge-  
 werden soll, so geschieht dieses mittelst zweier Oeffnungen  
 Thore, die aber nicht durch Schütze, sondern durch Klappen  
 zwei Flügeln geschlossen werden, ähnlich denen, die §. 109  
 trieben und Fig. 339 gezeichnet sind. Im vorliegenden Falle

tritt indessen der Wasserdruck sowohl von der einen, als der andern Seite ein, wenn daher die Klappen sich leicht sollen, so muss man beliebig jeden Flügel einer Klappe verlängern machen können. Man hat dieses dadurch erreicht, man jede Klappe mit zwei vertikalen Drehungs-Axen hat (Fig. 360 a und c). Je nachdem man die eine oder der derselben herauszieht, bewirkt man, dass der eine oder der Flügel der längere wird. Die Klappe dreht sich aber in beiden Fällen nach derselben Richtung, und dieses ist auch in der That nothwendig, als zur Darstellung eines ziemlich wasserdichten Schliessens auch hier die vortretenden Ränder auf den Thors- und Mittelstielen angebracht sind, gegen welche die Klappe lehnt, wenn sie geschlossen ist. Ob diese Anordnung, wenn starker Wasserverlust doch unvermeidlich sein dürfte, hier angemessen ist, und ob nicht angemessene Schützvorrichtungen an anderer Stelle gewesen wären, muss dahin gestellt bleiben.

### §. 123.

#### Speisebassins.

Es ist bereits erwähnt worden, dass die Speisebassins Reservoirs in der Art dargestellt werden, dass man ganze Thäler durch Erddämme, oder auch durch hohe Mauern abschliesst und auf diese Weise künstliche Seen bildet, deren Inhalt nach dem Bedürfniss dem Kanale zugeführt wird. Die Thäler müssen nicht weit, und mit hohen Wänden umschlossen sein, sondern es genügt, wenn sie an einer für den Abschluss geeigneten Stelle stark verengen, so dass die Damm oder die Mauer nicht zu lang zu werden braucht. Ferner ist es nothwendig, dass sie gegen die zu speisende Kanalstrecke hoch genug liegen, damit das Wasser noch mit ausreichendem Gefälle derselben zufließen kann. Der Bach, der das Thal durchfließt, muss so reichhaltig sein, dass die Füllung des Bassins nicht allein beim Schmelzen des Schnees, sondern auch anhaltendem Regen während des Sommers erwartet werden kann. Wenn der Boden im Allgemeinen mit keinem festen Fels bedeckt, aber so stark und abschüssig ist, dass der Niederlauf nirgend aufgehalten wird, vielmehr sehr schnell den tieferen Stellen zufließt und sich zu Bächen ansammelt, so ist ein Bassin

erhalten in Reservoiren vorzugsweise vortheilhaft. Dieses würde, wenn man es nicht in solcher Weise benutzte, für mal gar nicht gebraucht werden können, denn während der der starken Niederschläge sind die andern, ununterbrochen den Bäche schon zu seiner Speisung genügend, und zur Dürre versiegen die Zuflüsse aus kahlen Gebirgsgegend vollständig. Die Reservoirs gewähren ausserdem den grossen Vortheil, dass das Wasser darin nicht nur Geschiebe und sondern auch feinere Erdtheilchen niederschlägt, und bei deren Verwendung dem Kanale ganz rein zufliesst. Diese Reservoirs geben in Gebirgsgegenden solcher Speisebassins einen grossen Werth, und gerade hier sind sie auch am nothwendigsten, um Wassermangel vorzubeugen. Ausserdem wäre noch zu bemerken, dass sie um so zweckmässiger und vollständiger benutzt werden können, je näher sie dem Kanale liegen, weil alsdann die Verluste durch Filtration in den Zuleitungsgräben um so geringer werden. Endlich muss auch das Thal selbst, welches als Reservoir benutzt wird, nach seiner Bodenbeschaffenheit keine starke Neigung zulassen. Man wird daher vorzugsweise solche Thäler wählen, die im gewachsenen Felsboden, und zwar in einer Gebirgsart eingeschnitten sind. Grosse Kieslager und Gerölle des Gestein dürfen sonach weder das Thal einschliessen, noch den Untergrund desselben bilden.

Bei der Einrichtung eines Speisebassins kommt vorzugsweise die Ausführung des Abschlussdammes in Betracht, demnächst auch die Vorrichtung zum Ablassen des angesammelten Wassers. Beide Gegenstände werden im Folgenden ausführlich erörtert werden. Ausserdem ist aber auch noch darauf zu achten, dass das Bassin sich nicht bis über die Krone des Abschlussdammes anfülle, weil das frei hinübersteigende Wasser den Damm selbst beschädigen, auch wohl durchbrechen, oder aber in dem Speisegraben grosse Zerstörungen anrichten, wenn der Kanale übermässige Wassermassen zuführen würde. Man muss also gewisse Ableitungen darstellen, durch welche das intrömende Wasser einen Ausweg findet, sobald es sich der Krone des Dammes genähert hat. Selten bietet sich die Gelegenheit, dieses Wasser seitwärts in ein anderes Thal zu weisen, die zwischenliegenden Wasserscheiden gemeinhin viel höher,



als der Abschlussdamm sind, dagegen kann man leicht zur des Dammes eine Ableitung in das natürliche Bette des Flusses darstellen. Am besten ist es, wenn der Ueberfall auf den wachsenden Felsboden sich einrichten lässt, und das darübertretende Wasser den künstlichen Damm gar nicht berührt, sondern in einer davon getrennten Rinne in das Thal stürzen kann. Wenn dieses nicht ausführbar sein, und wäre man gezwungen, das Wasser über eine etwas vertiefte Stelle des Dammes selbst ablassen zu lassen, so müsste diese wenigstens ganz seitwärts liegen, damit die Strömung sogleich vom Damme entfernt und an die Seitenwand des Thaies geleitet würde, woselbst ihr ein gut befestigtes Bette eingerichtet werden müsste. Die Anordnung des Abflusses ist unter Umständen sehr schwierig, die Schwierigkeit vermindert sich aber bedeutend, wenn man sie schon bei der Aufsuchung der passendsten Stelle für den Abschlussdamm berücksichtigt, und hiernach die Auswahl trifft.

Endlich hat man zuweilen auch dafür gesorgt, dass die Speisebassins sowohl während der ersten Anlage, als auch während der Dauer der nothwendigen Reparaturen und Räumungen kein Wasser aufnehmen, selbst wenn starke Regen abfallen sollten. Man muss zu diesem Zwecke die Bäche, welche sich in das Bassin ergießen, schon vorher abfangen, und von der Anhöhe herumleiten. Am einfachsten ist es, die abführenden Gräben mit denjenigen zu vereinigen, von welchen her die Rede war, die nämlich den Ueberschuss abführen, wenn das Bassin ganz gefüllt ist. Diese Anordnung, die allerdings manche Bequemlichkeit bietet, hat indessen wegen ihrer Kosten nur selten Anwendung gefunden, und man begnügt sich gemeinlich damit, zuerst die Vorrichtung zum Ablassen des Wassers vollständig darzustellen, und während dieser Zeit das Wasser auf der einen Seite abzuführen, später aber die Röhren zu öffnen, damit das Wasser aus dem Bassin sogleich ableiten, und eine Ansammlung desselben verhindern, welche die Auführung des Abschlussdamms unmöglich machen würde. Bei vorkommenden Reparaturen geschieht dasselbe. Wenn diese aber an den Röhren, oder an den umgebenden Mauerwerken vorgenommen werden sollen, so ist nur übrig, hierzu eine Zeit zu wählen, in welcher ein starker Regen voraussichtlich nicht zu erwarten ist. Sollte ein



dennoch eintreten, so muss man die Arbeit unterbrechen, und günstigere Zeit abwarten.

Zur Abschliessung der Speisebassins dienen entweder Mauern oder Erdschüttungen. In manchen Fällen verbindet man auch verschiedene Constructions-Arten und verstärkt die Mauern durch angelegte Erd-Dossirungen.

Die Mauern sind bei festem Boden, und bei festen Seiten des Thales unbedingt vorzuziehen, weil manche Zufälligkeiten ihnen am wenigsten nachtheilig sind, auch die Wasserdichtigkeit sich bei ihnen am vollständigsten darstellen lässt. Dazu kommt noch, dass in Gebirgsgegenden, wo die Festigkeit des Bodens gewöhnlich in hohem Grade stattfindet, das Steinmaterial zur Ausführung einer Mauer meist viel leichter beschafft werden kann, als Erde, die für eine wasserdichte Dammschüttung tauglich wäre. Nichts desto weniger erfordert auch die Anordnung zur Ausführung einer solchen Mauer grosse Vorsicht, besonders wenn sie eine bedeutende Höhe erhält, und das Wasser beinahe eben hoch davor angestaut werden soll. Man hat es in diesem Falle leicht mit Drackhöhen von 40 bis 60 Fuss zu thun, und in einzelnen Fällen steigern sich dieselben sogar bis gegen 100 Fuss. Jedenfalls muss die Mauer hinreichende Stabilität haben, dem Drucke des Wassers widerstehen zu können. Letzterer übt aber bedeutender, als derjenige, den eben so hohe Erdschüttungen ausüben. Die Mauer muss also stärkere Dimensionen, als gewöhnliche Futtermuer erhalten. Die zweite Bedingung, welche die der Wasserdichtigkeit, veranlasst gemeinhin, dass man die Stärke noch mehr vergrössert, um die Bildung von Wasseradern zu verhindern. Aus beiden Gründen empfiehlt es sich, die Mauern nicht lothrecht aufzuführen, sondern wenigstens an einer Seite zu böschen, oder durch Anbringung Banketen ihre Stärke von oben nach unten wachsen zu lassen. In manchen Fällen hat man ihre obere Breite dem dritten Theil der Höhe gleich, und die unter beinahe doppelt so gross, als die obere gemacht. Die Bankete legt man gemeinhin auf die dem Reservoir zugekehrte, oder auf die innere Seite der Mauer, und die äussere nur eine sehr mässige Neigung gegen das Loth. Diese Anordnung rechtfertigt sich dadurch, dass auf derjenigen Oberfläche, welche der Witterung stets ausgesetzt bleibt, der

Regen sich nicht ansammeln kann, vielmehr möglichst davon abfließt. Die Stabilität der Mauer wurde freilich bei dieser Profilfläche noch grösser sein, wenn die dem Wasser abgekehrte Seite flacher gehalten wäre. Der Unterschied ist nicht wesentlich, wenn man berücksichtigt, dass die Vorderseite der Mauer doch nie so innig ist, dass eine Trennung der Theile nicht möglich wäre, und dass bei einer eintretenden Bewegung, der untere weit vorspringende Mauerrand nicht als feste Drehungs-Axe bildet, vielmehr wenn er nicht in den Untergrund eindringen kann, er abbricht oder zerdrückt wird. Weilen vertheidigt man die so eben beschriebene Anordnung der Mauer dadurch, dass man meint, ihre Stabilität werde durch den lothrechten Druck des Wassers gegen die Bankets noch verstärkt. Diese Ansicht ist indessen wohl nicht richtig, man vielmehr annehmen, dass die Feuchtigkeit, welche in die Mauer dringt, unter demselben Drucke, wie das äussere Wasser befindet, und sonach den abwärts gekehrten Druck des Wassers durch einen eben so grossen aufwärts gekehrten, aufhebt. Die feinste Fuge, welche zufällig in der Mauer sich bildet, vernichtet wenigstens die Wirkung jenes Druckes sogleich vernichtet. Es gilt für die Bestimmung des Profils auch in diesem Falle die Regel, dass jeder einzelne Theil der Mauer an sich die Stabilität haben muss, und dass sonach die Anbringung von Pfeilern entbehrlich ist (§. 51). Solche sind bei Mauerwerken dieser Art auch nur sehr selten angewendet.

Hierbei entsteht noch die Frage, ob man diese Mauer in gerader Richtung durch das Thal führen, oder ob man ihr die Form eines horizontalen Bogens geben solle, deren concave Seite dem Reservoir zugekehrt ist. Der Grund, welcher eine ähnliche Form für Wehre im Flusse empfahl, nämlich die Ablenkung des darüber fliessenden Wassers von den Ufern, fällt hier fort. Man könnte bei einer solchen Anordnung in dem liegenden Falle nur die Absicht haben, das Ueberweichen und das Verschieben der Mauer zu verhindern, indem man sie an die Seitenwände des Thales, wie gegen feste Widerlager, anbringt. Wenn letztere aus festem, gewachsenem Gestein bestehen, so erheben sie sich so steil, dass ein Zurückdrängen des Bogens zu besorgen ist, so möchte dem sehr starken Wasserdruck

so durch die Bogenform der Mauer ein kräftiger Widerstand entgegen gesetzt werden können. Man würde indessen immer die Mauer noch so stark machen müssen, als dieses die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit fordert, auch müssten die Steine in den Fugen zu diesem Zwecke so scharf schliessend versetzt werden, dass der Seitendruck mit Sicherheit in die Längsrichtung des Bogens übertragen werden könnte. Es scheint indessen kein Grund vorzuliegen, weshalb man von diesem Mittel zur Verstärkung der Mauern nicht Gebrauch machen sollte, wenn die localen Verhältnisse es irgend gestatten. Die Verlängerung der Mauer und die hieraus entspringende Vergrösserung ihrer Masse ist bei dem Bogen höchst unbedeutend, und man kann wohl mit Sicherheit annehmen, dass manche Mauern, die Bassins abschliessen, besser gehalten hätten und nicht ausgebaucht wären, wenn sie gegen die Seitenwände des Thales gestützt hätte.

Eigenthümlich war die Bewegung, welche die Mauer des Bassins Grosbois am Kanal de Bourgogne machte. Als man nämliches Bassin zum ersten Male füllte, zeigten sich Risse in der Mauer, und zwar trennte sich der mittlere Theil derselben, der über der Thalsohle stand, von den beiden Enden. Dieser gelöste Theil hatte eine Länge von etwa 600 Fuss und war 65 Fuss hoch. Die Risse zeigten sich indessen nur in dem untern Theile, wo die Mauer elastisch genug war, um sich oben zu krümmen, und zu brechen. Die Pfeilhöhe der Krümmung betrug über 10 Fuss. Sobald das Wasser abgelassen war, fand man die Mauer fast nahe in ihrer früheren Stellung, und man überzeugte sich, dass sie schon merklich zurückwich, wenn das Bassin auch etwa zur Hälfte gefüllt war. Die Ursache dieser Erscheinung lässt keinen Zweifel in der losen Beschaffenheit des Untergrundes zu, der die grosse darauf ruhende Last nicht so sicher trägt, dieselbe noch im Gleichgewicht bleibt, sobald das davor angesammelte Wasser die Stärke und Richtung des Druckes wechsellings verändert.

Die Fundirung einer solchen Mauer, wie hoch sie auch mag, erleichtert sich sehr, sobald man in mässiger Tiefe unter der Thalsohle den gewachsenen Felsboden antrifft. Es sind auch in diesem Falle die Vorsichtsmassregeln zu beobachten, auf welche bereits früher (§. 33) aufmerksam gemacht ist,

und es kommt hier nicht nur darauf an, die Mauer vom möglichen Herabgleiten auf dem schrägen Felsboden zu sondern man muss auch das Mauerwerk in eine innige Verbindung mit dem Untergrunde treten lassen, damit sich nicht sondern zwischen beiden hindurchziehn. Man erreicht die leichtesten, wenn man die Verbindung nicht in einer regelmäßigen Fläche, oder in einer Ebene darstellt, vielmehr vortretend darin bildet, welche die Wasseradern unterbrechen. Hier besonders Heerdmanern, die einige Fuss tief in den Fels eingreifen, und mit der eigentlichen Mauer in inniger Verbindung stehen. Dasselbe Verfahren findet auch gewöhnlich Anwendung, wenn das Fundament nicht den Felsboden berührt, vielmehr in solchen Thälern häufig geschieht, nur in den groben herabreicht. Eine sehr grosse Vorsicht ist alsdann nöthig, das Durchdringen der Quellen unter der Mauer zu vermeiden oder wenigstens so zu mässigen, dass der Wasserverlust bedeutend bleibt. Die Anwendung von Spundwänden verfährt in dem groben Kiese, und man kann die Dichtung desgrundes nur dadurch bewirken, dass man wieder Heerde recht tief einschneiden lässt, auch wohl der Sicherheit wegen mehrere derselben hinter einander legt. Sind die Gräben diesem Zwecke ausgehoben worden, ganz trocken (was ein übles Zeichen in Betreff der Wasserdichtigkeit desgrundes wäre), so ist die Aufführung eines regelmässigen getreten Mauerwerks mit vollen Mörtelfugen vorzuziehen. Wogegen die Gräben mit Grundwasser gefüllt bleiben, und so Baggern bis zur beabsichtigten Tiefe ausgehoben werden, so ist es vortheilhafter, sie mit Béton zu füllen, als Schöpfmaschinen trocken zu legen, weil in diesem Falle das Wasser aus der Tiefe hervorquellen und die Thontheile abspülen würde, die sich am den Kies abgelagert und gedichtet haben.

In Betreff der Ausführung der eigentlichen Mauer man nicht nur deren Festigkeit und Dauerhaftigkeit, sondern die Wasserdichtigkeit zu beachten. Man muss daher festes Material, und dieses in gleichmässigen Schichten in der Stärke der Mauer verwenden, so dass nicht etwa die Fugen und die Mörtelmassen im Innern viel stärker, als



der Aussenflächen sind. Ferner müssen auch die Stossstellen vollständig mit einem gehörig erhärtenden Mörtel gefüllt werden, der mit den Steinen gut bindet. Auf die Grösse der Fugen kommt es weniger an, wenn sie nur in den einzelnen Schichtgleichen Höhe haben. Kleine Steine, die man in das Mörtel fest versetzen kann, sind sogar grossen Werkstücken vorzuziehen. Dass man endlich für gehörigen Verband sorgen muss, darf kaum der Erwähnung. Diese sämtlichen Regeln sind schon früher bei Gelegenheit der Futtermauern (§. 52) und der Weissenmauern (§. 101) ausführlich begründet.

Es mag hier noch eines Verfahrens Erwähnung geschehn, welches einst angewendet wurde, um eine Mauer dieser Art, die zu viel Wasser durchliess, zu dichten. Das Speissebassin von Topy, welches in Verbindung mit mehreren andern die Scheitelstecke des Kanales du Midi mit Wasser versorgt, war durch die Führung einer starken Mauer quer durch das Thal gebildet, 50 Fuss hoch und nahe 400 Fuss lang ist. Das Speissebassin, welches sie abschliesst, fast gegen 120 Millionen Cubikfuss. Man bemerkte beim Füllen des Bassins, dass die Mauer zu viel Wasser durchliess, und um diesen Uebelstand zu beseitigen, der nicht nur den Zweck des Reservoirs zum Theil verlor, sondern auch den baldigen Einsturz der Mauer besorgen liess, schüttete man grosse Massen gelöschten Kalk, nachdem derselbe getrocknet und zerfallen war, in das Bassin. Hierdurch wurden die durchdringenden Wasseradern sehr geschwächt worden sein.

Eine andre Art, die Thäler abzuschliessen, besteht darin, dass man Erddämme hindurchschüttet. Dieses Verfahren hat früher, als das erste, Anwendung gefunden, gemeinhin ist es auch das wohlfeilere, namentlich wenn die Thäler nicht mehr von steilen Felswänden eingeschlossen, vielmehr ihre Seitenabhänge von fruchtbarer Erde bedeckt sind, und solche auch den Thalgrund bildet. Indem der Boden in diesem Falle nicht hinreichend fest ist, um hohe und schwere Mauern mit Sicherheit zu tragen, so ist die Ausführung eines Pfahlrostes aber sehr grosse Kosten verursachen, und dennoch kaum jede Besorgniss, namentlich in Bezug auf die Wasserdichtigkeit des Untergrundes, beseitigen würde, so empfiehlt sich auch in dieser Beziehung eine Dammschüttung, deren



Wasserdichtigkeit nicht aufgehoben wird, wenn sie auch merklich und selbst ungleichmässig sich setzen sollte. Indem der Damm schon zu seinem Schutze flacher Dossirungen auf beiden Seiten bedarf, so nimmt seine Breite mit der Tiefe, also auch mit dem Wasserdrucke zu, dem er ausgesetzt ist. Hiernach wird das Durchdringen des Wassers in der Nähe seines Fusses sehr erschwert und selbst in dem Untergrunde finden die Adern weniger leichten Durchgang, da der Weg, den sie hier zurücklegen meistens sehr lang ist.

Das Profil des Erddammes, sehr ähnlich dem eines Deiches, wird von der Krone und den Seiten-Dossirungen begrenzt. Die Krone muss nach Maassgabe der Tiefe und der Ausdehnung des Speisebassins 3 bis 5 Fuss, auch wohl noch höher über dem Wasserspiegel gehalten werden, weil zur Zeit der Stürme häufig Wellenbewegungen eintreten. Auf den Reservoirs des Kanals du Centre will man Wellen von 6 und sogar von 10 Fuss Höhe bemerkt haben. Dieser Umstand macht die Abpflasterung der Krone und der innern Dossirung nothwendig; nichts desto weniger muss die Krone auch eine bedeutende Breite erhalten, die gemeinhin zu 18 Fuss anwächst, unter ungünstigen Umständen aber noch grösser macht. Obwohl die innere Dossirung, dem Bassin zugekehrt ist, durch ein Steinpflaster oder durch ein Perré gesichert wird, so darf man sie dennoch nicht zu steil halten. Dieses ist um so weniger zulässig, als der Wasserdruck grossen Veränderungen unterworfen ist, wodurch beim Ablassen des Wassers die durchlässigste Erde den Gegendruck verliert, und alsdenn, ohneachtet der Befestigung ihrer Oberfläche, in grossen Massen herabstürzt. Hiernach darf man keine steilere Böschung als mit 1½facher Anlage wählen, und im Allgemeinen empfiehlt sich gewiss, sie noch flacher zu halten. In England ist die zweifache Anlage üblich, und dieselbe wird meist auch auf der Aussenseite, oder der dem Kanale zugekehrten Seite angenommen, obwohl die Veranlassung zu Beschädigungen hier minder bedeutend ist, und sowohl auch eine etwas steilere Böschung, besonders bei niedrigen Dämmen, gewählt werden kann.

Zu diesen Dämmen eignet sich am besten eine gewöhnliche leichte Erde, das heisst diejenige Mischung von Thon und Sand, die auch für den Getreidebau als besonders fruchtbar

Thon wird. Der ganz reine Thon, obwohl er bei compacter Lagerung die Bildung von Quellen am sichersten verhindert, hat theils den Nachtheil, dass er in der Dürre stark reißt, und nun ist er auch zu fest, um nachzusinken, falls Höhlungen entstehen sollten. Indem diese Dämme wegen ihrer grossen und freien Lage im Sommer austrocknen, während beim ständigen Verbrauche des angesammelten Wassers endlich nur ihr Fuss benetzt wird, und selbst alles Wasser zuweilen abfließen wird, so erfolgt das Reissen und Zerklüften des Thones, in die Dämme aus solchem bestehend, in einer höchst nachtheiligen Weise, und sobald später das Bassin wieder gefüllt wird, dringt das Wasser mit Leichtigkeit durch die geöffneten Fugen. Ist aber der Thon vollständig angefeuchtet ist, und sein frühere Volum wieder einnimmt, was nur langsam von statten geht, lassen die Quellen schon die feinen Theilchen, welche sie abheben, mit sich fort, und bilden dadurch weite Wasseradern, auch beim spätern Schwellen der einzelnen Thonklumpen sich mehr schliessen, vielmehr aus gleichem Grunde stets zuwachsen, und endlich grosse Wasserverluste herbeiführen.

Andrerseits ist der ganz reine Sand, obwohl einzelne starke Quellen sich darin nicht bilden können, dennoch zu diesem Zwecke nicht brauchbar, weil das Wasser theils zu leicht hindurchfließt, theils aber unter starkem Drucke an der äussern Dossirung die Sandkörnerchen sich heben, und diejenige Ablagerung bilden, die man Trichsand nennt, wodurch grosse Einstürzungen verursacht werden, die leicht die Zerstörung des ganzen Damms zur Folge haben können.

Ein Gemenge von Thon und Sand ist daher am meisten zu empfehlen, wie dieses auch aus etwas andern Gründen zur Herstellung von Fangedämmen als besonders geeignet bezeichnet wird (§. 44). Man findet solche Erde sehr häufig, und wenn nicht in hinreichender Menge vorkommen sollte, um den ganzen Damm daraus zu schütten, so muss sie wenigstens an gewissen Theilen desselben und namentlich in der Mitte verwendet werden, um in der ganzen Höhe einen sichern und wasserdichten Schluss darzustellen.

Die Erde darf nicht in grossen Massen lose aufgeschüttet werden, muss vielmehr möglichst fest gelagert sein, damit keine

hohlen Räume dazwischen bleiben, auch kein starkes Seesandammes eintritt, das sich freilich niemals ganz verhindern lässt. Ausserdem ist noch eine besondere Vorsicht darauf zu verwenden, dass die Erdmasse sich innig verbindet, und nicht etwa von sandartigen Schichten über einander liegen, die unter sich nicht getrennt, leicht ein Durchdringen der Wasseradern gestatten.

Zu diesem Zwecke müssen zunächst alle fremden Körper aus dem Damme ferngehalten werden. Man darf keine Erde verwenden, wogegen Rasen, Torf, Holz, Ziegeln dgl. sorgfältig beseitigt werden müssen. Hierzu gehört auch, dass man den Damm nicht auf den Rasen schütten, sondern vielmehr zuvor abstechen und fortschaffen muss. Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die äussersten Falles nur etwa 6 Zoll stark sein dürfen, und gemeinhin noch schwächer sind. Dabei entsteht die Frage, ob diese Schichten horizontal gehalten, oder in welcher Richtung sie geneigt werden sollen. Es nimmt an, dass sie sich unter einander nicht so innig verbinden, als die Erdtheilchen in den einzelnen Lagen, woher die Vermuthung entsteht, dass die Quellen besonders zwischen je zwei Lagen sich hindurchziehn möchten. Ausserdem meint man auch, dass Abrutschungen der Dossirungen aus demselben Grunde leichter weise auf den nach Aussen geneigten Lagen erfolgen. Es giebt sich hieraus, dass man bei horizontalen Lagen die Gefahr von Quellen, und bei geneigten Lagen das Abrutschen der Dossirung oder der andern Dossirung besorgt. Man hat deshalb in England und namentlich in England eine Schüttung in gekrümmten Lagen und zwar so, dass die concave Seite aufwärts gekehrt ist, wie Fig. 374 zeigt diese Anordnung. Dieselbe soll jedoch keineswegs als besonders empfehlenswerth bezeichnet werden, mehr dürfte die Besorgniss einer mangelhaften Verbindung einzelner Lagen bei sonstiger guter Ausführung sich nicht rechtfertigen. Es kommt alsdann aber darauf an, ob die Lagen schwach gehalten, und beim Feststampfen nicht vollständig geglättet werden, in welchem Falle sie allerdings mit den folgenden nur einen geringen Zusammenhang darstellen.

Minard empfiehlt in der letzten Beziehung verschiedene Regeln, die allerdings zweckmässig erscheinen. Dahin gehört zunächst der Gebrauch von Stampfen oder Handrammen,

Flächen oder Bahnen nicht ganz glatt, sondern mit starken Unebenheiten versehen sind. Besonders wird solcher Stampfen benutzt, die bei jedem Schlage ein vertieftes Kreuz in dem Boden machen. Ein andres Verfahren bezieht sich darauf, dass nach dem Annehmen einer jeden Lage eine schwere gusseiserne gereifte Walze darüber gerollt wird. Dieselbe dürfte am zweckmässigsten nach der Quere des Dammes gezogen werden, damit in dieser Richtung auch die Furchen sich darstellen, und diese so die Wasseradern sicher unterbrechen. Derselbe Erfolg wird auch herbeigeführt, wenn man, wie bei Deichanlagen oft geschieht, die Erde nicht auf untergelegten Bohlen ankarren, vielmehr ohne irgend eine Befestigung des Weges auf Wagen oder leeren Karren mit Pferden anfahren lässt. Der Transport wird dadurch freilich bedeutend erschwert und vertheuert werden, gerade dieses fortwährende Einschneiden der Räder und das Eintreten der Pferde in den frisch aufgeschütteten Boden zugleich statt des Abrammens der Schichten, und verbindet ihnen sehr innig unter sich, die überhaupt in diesem Falle nicht von einander getrennt bleiben. Man muss indessen, wenn ein solches Verfahren gewählt wird, eine besondere Erleichterung des Transportes gar nicht eintreten lassen. Es dürfen nicht etwa Bohlen ausgelegt werden, und man muss sogar, sobald ein Weg etwas fester geworden ist, denselben absperren und einen andern wählen, um alle Theile der Schüttung möglichst gleichmässig durcharbeiten zu lassen.

Eine andre Vorsichtsmaassregel, die unbedingt beobachtet werden muss, bezieht sich darauf, dass man keine ganz trockene Erde verwenden darf, weil eine solche sich nicht befestigen und nicht stampfen lässt. Ein künstliches Anfeuchten durch Besprengen mit Wasser ist allerdings möglich, aber es vertheuert die Arbeit so sehr, dass man es immer vorzieht, den Wiedereintritt des Witterungsflusses abzuwarten. Doch kommt es vor, dass bei grosser Hitze, um die Verbindung der folgenden mit einer in abgerammten Lage zu erleichtern, diese vor dem Aufsteigen jener mit Wasser besprengt. Minard empfiehlt, hierzu nicht reines Wasser, sondern Kalkmilch zu verwenden, die ein festeres Binden veranlassen soll.

Die Höhe, zu der man den Damm auführt, muss grösser,



als die beabsichtigte Kronenhöhe sein, weil, aller Voraussicht nach, dennoch ein merkliches Setzen des Erdkörpers zu vermeiden ist. Es mag hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass dieses Setzen um so stärker ist, je mehr Thon in der verwendeten Erde enthält; bei reinem Sande ist es sehr bedeutend. Das Maass des Setzens soll bei Gelegenheit der Arbeiten an Kanälen (§. 124) näher angegeben werden, sowie die weitere Behandlung des Dammes, und namentlich die Herstellung regelmässiger Dossirungen und die Bekleidung desselben mit Rasen alsdenn speciell beschrieben werden wird.

In England ist es üblich, diese Dämme noch durch einen Kern von besonders dicht abgelagertem Thon, oder eine Thonwand (*Puddle*) gegen die Filtration zu sichern. Dieselbe wird auch bei Ausführung der Kanaldämme gewöhnlich angewendet, woher ihre Beschreibung dort die passendere Stelle findet. Hier wäre nur zu bemerken, dass dem Thone oft grosses Kies zugesetzt werden, wodurch er gegen das starke Schmelzen und Reissen zur Zeit der Dürre geschützt wird. Die Fig. 369 und 372 zeigen zwei solche Abschluss-Dämme, die in ihren Innern die erwähnten Thonwände haben. Der erste ist für den Birmingham-Warwick-Kanal ausgeführt, und die Thonwand ist 6 Fuss stark; der letzte dagegen, dessen Höhe 25 Fuss beträgt, ist von Telford vor dem Rotten-Park-Reservoir angelegt, welches den Kanal von Birmingham nach Staffordshire speist.

Von dem starken Wellenschlage, der zuweilen in ausgetrockneten und tiefen Speise-Bassins vorkommt, ist bereits die Rede gewesen. Derselbe greift die innere Dossirung des Abschlussdamms an, und um diese zu sichern, genügt es nicht, sie möglichst fest zu halten, sie muss vielmehr mit einer Steindecke bedeckt werden. In manchen Fällen hat man zu diesem Zweck Schüttungen angewendet, aber durch die weiten Fugen zwischen den Schüttungen setzt sich der abwechselnd stärkere und schwächere Druck des Wassers leicht bis zu der darunter liegenden feinen Erde, und spült diese heraus, worauf auch die Steinschüttung an Ort und Stelle sinkt. Es ist daher besser, ein möglichst dicht schliessendes Material, also eine Schüttung von Kies oder Bauschutt zu verwenden, welche eine Lage haben, damit nicht etwa wieder die feinen Erdtheilchen



**Fugen hindurchdringen.** Eine zweite Bedingung ist auch noch hinreichend flache Neigung, denn man darf nicht erwarten, eine solche Steindecke die Erde in einer steileren Böschung halten kann, als diejenige, worin die Erde sich selbst erhält. Eigentlich bei dem wechselnden Wasserstande würde der stärkere Druck der aufgeweichten Hinterfüllung die Steindecke leicht herdrängen, wenn dieser Bedingung nicht entsprochen wäre. Der Zweck der Steindecke ist, wie erwähnt, nur der, dass er einen Schutz gegen die unmittelbare Einwirkung des Wellenschlages zu geben soll. Dieser Wellenschlag tritt aber bei der verschiedenen Länge des Bassins in allen verschiedenen Höhen ein, und so darf auch der Schutz nirgend fehlen, er muss sich vielmehr die ganze innere Böschung ausdehnen, und selbst auf die Ufer ausdehnen, weil auch diese bei hohem Wasserstande von den überrollenden Wellen getroffen wird.

Bei dem in der Nähe von Dublin erbauten sogenannten Bannreservoir hat man der, dem Wasser zugekehrten Dossirung des Dammes eine 2½fache, und im untern Theile sogar eine dreifache Anlage gegeben. Der Damm ist 45 Fuss hoch. Das starke, aus hochkantigen Steinen gebildete Pflaster auf dieser Dossirung ruht auf einer 3 Fuss starken Kiesschüttung, und darunter befindet sich eine eben so starke Lage von trockenem, sorgfältig gepacktem und fest angerammtem Torfe. Derselbe quillt beim Eintritt des Wassers, schliesst alsdann sehr dicht die Fugen, und hindert dadurch das Eintreten von Wasseradern, während er zugleich ein festes Unterlager für den Kies bildet. In der Mitte des Dammes befindet sich ausserdem noch eine starke Thonwand.

Man hat in neuerer Zeit in Frankreich statt der sonst üblichen Steindecken von gleichmässiger Stärke wiederholtlich ein System von niedrigen Mauern zur Sicherung der inneren Böschungen solcher Dämme zur Ausführung gebracht. Es ist schon schon bei Gelegenheit der trocknen Mauern (§. 53) die Rede gewesen, und ein Profil dieser Mauern stellt Fig. 31 auf Taf. XXIV dar. Sie sind indessen keine trocknen Mauern, vielmehr in Mörtel und in horizontalen Schichten ausgeführt, haben aber mit jenen die Eigenthümlichkeit gemein, dass sie auf der Schüttung ohne feste Fundirung aufstehn und am Setzen derselben Theil nehmen. Man darf deshalb von ihnen auch nicht

erwarten, dass sie ihre gegenseitige Verbindung vollständig halten und einzeln nicht zerbrechen sollten, aber wenn Trennungen und Brüche auch entstehen, so bleiben doch viel grössere Massen mit einander verbunden, als wenn man einzelne Steine verwendet hätte. Die Decke bleibt daher, wenn auch zerbrochen ist, noch immer sehr sicher gelagert und gewährt der darunter befindlichen Erde einen bedeutenden Schutz gegen die Einwirkung des Wellenschlages. Diese Methode soll als sehr zweckmässig bewährt haben.

Endlich hat man die beiden beschriebenen Methoden zur Darstellung der Abschlusswände vor den Speisebassins auf einander verbunden, und eine durchgehende hohe Mauer, die den Rücken oder die Krone des Dammes bildet, zu beiden Seiten durch angeschüttete Erddossirungen verstärkt. Hierbei wirklich ein Vortheil erreicht wird, muss dahingestellt bleiben, indem eine innige Verbindung oder ein genauer Anschluss der Erdschüttung an das Mauerwerk doch nicht erwartet werden kann, und wenn solcher vielleicht auch ursprünglich stattgefunden sollte, wird er jedenfalls beim Setzen der Erde aufgehoben. Man muss daher annehmen, dass die Mauer den ganzen Wasserschlag erleidet, dem sie ausgesetzt wäre, wenn sie isolirt stünde, dass sie andererseits durch die äussere Erdböschung zwar gegen einen vollständigen Einsturz, aber keineswegs gegen ein Zerbrechen gesichert ist. Ausserdem ist die innere, oder die Bassin zugekehrte Erdböschung denselben Beschädigungen ausgesetzt, als wenn die Mauer nicht vorhanden wäre. Man muss hiernach wohl annehmen, dass die Verbindung der beiden constructionsarten keineswegs vortheilhaft ist, vielmehr jeder ein Nachtheil nachsteht, und überdiess sehr kostspielig wird. Die Erfahrung hat diese Ansicht auch bestätigt.

Das Bassin St. Fériol, welches gleichfalls die Scheitel des Kanals du Midi speist, und vielleicht unter allen, die ausgeführt worden, das grösste ist, wird durch einen Damm dieses Art geschlossen. Fig. 370 auf Taf. LXXV zeigt in *a* den Längsschnitt des Dammes, und in *b* den Grundriss des mittleren Theils desselben. Doch muss bemerkt werden, dass die Stärken der Mauern und die ganze Anordnung derselben nur nach alten, theilweise unsichern Bauzeichnungen noch bekannt sind, eine

nachung aber wegen der hohen Erdschüttungen unmöglich  
 den ist. Eine Mittelmauer von 100 Fuss Höhe bildet den  
 des Abschlussdammes; ihre ganze Länge beträgt 2500 Fuss.  
 Abstände von 200 Fuss befindet sich an jeder Seite noch eine  
 n, gegen welche sich jedesmal der Fuss der anschliessenden  
 Schichtung lehnt. Die Erhöhung *B*, welche man in Fig. 370 *a*  
 dem Wasser bemerkt, ist ein Thurm, in welchem man zum  
 unge des überwölbten Kanales herabsteigen, und von dem  
 auch die Schütze öffnen kann, um den Inhalt des Bassins  
 abfliessen zu lassen. Ausserdem dient dieser Thurm noch  
 Regel, um die Wassermenge zu beurtheilen, welche sich im  
 befindet. Die beiderseitigen Böschungen bestehn aus ver-  
 denem, und zum Theil aus solchem Material, welches sich  
 diesem Zwecke wenig eignet. Doch soll ursprünglich eine  
 starke Decke von zähem Thon auf die Dossirungen auf-  
 gelegt gewesen sein. Die innere Dossirung liegt, wie die Figur  
 sehr niedrig, und ist mit keiner Steindecke versehen. Die  
 äussere Dossirung dagegen reicht bis zur vollen Höhe der Mauer  
 auf und ist in der Krone gepflastert. Die Filtration ist in dem  
 sehr übermässig stark, und schon früher hat man es versucht,  
 die Verblendung der Mauer auf der Wasserseite sie etwas zu  
 verengen. Besonders heftige Adern dringen aber in den über-  
 wölbten Gang ein, der zu den Schützen führt, mittelst deren man  
 das Bassin vollends entleert. Ausserdem ist die Mittelmauer, wie  
 man anführt, sehr stark übergewichen und ausgebaucht, wie  
 sie auf dem gewachsenen Felsboden aufstehn soll. Wenn  
 das Bassin vollständig gefüllt ist, fasst es nach einer ältern  
 Angabe 224 Millionen Cubikfuss, und dieser Inhalt übertrifft  
 um die Hälfte den des ganzen Kanales.

Sehr übereinstimmend mit diesem Damme ist auch derjenige  
 angeordnet, der das Bassin Couson neben dem Kanale Givors ab-  
 schliesst. Man hat indessen hier manche wesentliche Verstärkungen und  
 wichtige Sicherungs-Massregeln angewendet. Dahin gehört, dass  
 drei Mauern, und namentlich die mittlere, viel stärker gemacht  
 sind, als jene am Bassin St. Fériel. Sie stellen auch in ihren  
 Querschnitten flache Bogen dar, um vor einem Ueberweichen mehr  
 Sicherheit zu sein. Die mittlere Mauer ist überdiess mit einem  
 aus Béton von mehr als 6 Fuss Stärke versehen. Ob hier-

durch eine grössere Sicherheit erreicht ist, muss dahingelassen bleiben, da die Durchführung eines regelmässigen Mauerwerks wohl ohne Zweifel theils eine grössere Festigkeit und auch dieselbe Wasserdichtigkeit, die der Bétou gewährt, stellt haben würde. Die Höhe der Mittelmauer misst wieder nahe 100 Fuss.

Zum Ableiten des Wassers aus den Reservoirs und sonst gewöhnlich überwölbte Galerien durch die Mauern, und durch die Erddämme geführt, während man in neuerer Zeit häufig gusseiserne Röhren benutzt. Hierbei kommt insbesondere die Anordnung der Abfluss-Oeffnungen und die Art ihres Verschlusses wesentlich in Betracht. Wählt man eine einzige Abfluss-Oeffnung, so wird das Wasser, je nachdem das Bassin mehr oder weniger gefüllt ist, mit sehr verschiedener Geschwindigkeit ausfliessen und ein ganz gleichmässiger Abfluss lässt sich nicht noch darstellen. Es kommt hierauf freilich gemeinhin nicht an, insofern, wie bereits erwähnt, nur in seltenen Fällen ein gleichmässiger Abfluss erforderlich ist, vielmehr nach der Regel grössere Wassermassen zur Wiederauffüllung des Bassins abgelassen werden, sobald das Niveau derselben bedeutend gesenkt hat. Namentlich bei langen Spreisegräben ist dieses Verfahren sehr vortheilhaft, weil alsdann die Verluste durch Filtration sich merklich niedriger stellen. Nichts desto weniger darf man die Abfluss-Oeffnung nicht zu klein machen, da bei geringer Druckhöhe noch ein hinreichend starker Strom abfliessen muss. Der sichere Verschluss, so wie auch die Darstellung des Verschlusses ist aber bei grossen Oeffnungen und starkem Drucke sehr schwierig. Sobald die Druckhöhe auch nur etwa 20 Fuss beträgt, kann man schon Bedenken tragen, gewöhnliche Schütze anzubringen, nicht nur, weil sie schwer zu handhaben sind, sondern auch deshalb, weil dabei irgend welche Zufälligkeiten oder Beschädigungen leicht eintreten können, die ein vollständiges Hin- und Hergehen verhindern, während es in der grossen Wassertiefe leicht wird, Reparaturen vorzunehmen, oder das Hinderniss zu beseitigen.

Aus diesen Gründen hat man ziemlich allgemein bei grossen Höhen des Abschlussdammes mehrere Abfluss-Oeffnungen in verschiedenen Höhen angebracht, von denen jede eine



denjenigen Wasserständen benutzt wird, die zwischen ihr und nächst oberhalb befindlichen liegen. In dieser Weise ist das Bassin von Lampy mit vier Oeffnungen in der Maner versehen, die abwechselnd auf der rechten und linken Thalseite sich befinden, und von denen eine immer 13 Fuss tiefer liegt, als die nächst folgende. Jede dieser Oeffnungen mündet in einen besondern Graben, der sich vom Ufer aus nach den Speisegräben hinzieht, während die untere Oeffnung in der Höhe der Thalsole diesem mittelbar das Wasser zuführt. Auf der innern, oder der dem Reservoir zugekehrten Seite sind auf den verschiedenen Banketen Treppen von 4 Fuss Breite gebildet, auf denen man zu den Oeffnungen herabsteigen, auch wenn diese noch unter Wasser liegen, den Schützen gelangen kann, um dieselben in Wirksamkeit zu setzen.

In ähnlicher Weise befinden sich in dem Dämme vor dem Bassin St. Feriol zwei überwölbte Kanäle zum Ablassen der obern Wasserschichten. Die eine liegt 6 Fuss und die andre 23 Fuss über dem Spiegel des gefüllten Bassins. Sie münden wieder in zwei Gräben, die längs beiden Thalufern herabgeführt sind. Ein dritter ähnlicher Graben nimmt dasjenige Wasser auf, welches dem Bassin noch zufließt, während es schon gefüllt ist. Zu diesem Zwecke ist ein Ueberfall in geringer Tiefe unter der Krone des Damms angebracht. Die beiden ersten Kanäle werden durch Schützen geschlossen, die man vom Dämme aus zieht und herablassen kann. Die unter der zweiten Oeffnung noch befindliche Wassermenge, deren Tiefe 78 Fuss beträgt, wird nicht mehr durch Ziehen von Schützen abgelassen, sondern durch Röhren, welchen Krähne angebracht sind.

In der bereits erwähnten Mauer des Bassins Grosbois befindet sich ausser der Oeffnung in der Mitte des Thales, die nur zum Ablassen des letzten Wassers dient, falls man das Bassin entleeren will, nur ein einziger überwölbter Kanal, durch welchen das zur Speisung des Schiffahrts-Kanales dienende Wasser hindurch strömt, wie hoch oder niedrig auch der Wasserstand im Bassin sein mag. Diese Oeffnung ist aber nicht mit der Vorrichtung zum eigentlichen Abschlusse versehen, auch steht sie nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Bassin. Sie führt vielmehr zu einem Thurme oder Brunnen von kreisförmigem Quer-



schnitt, der sich auf der Wasserseite an die Mauer anschliesst und eben so hoch als diese ist. In der cylindrischen Mauer des Thurmes sind in gleichen Abständen vier Oeffnungen angebracht, die auswärts durch Schütze geschlossen, radial in den Thurm führen. Auf Treppen, die in den äussern Backsteinen des Thurmes angebracht sind, gelangt man zu den Stellen, von wo aus die Schütze bewegt werden können. Das Wasser, welches durch die verschiedenen Oeffnungen abfließt, wird sonach in einem gemeinschaftlichen Brunnen aufgefangen, und fließt dann in den erwähnten Kanal in den Speisegraben. Man erreicht hier offenbar den Vortheil, dass man nur einen einzigen Graben graben dürfte, aber der heftige Wassersturz auf die Sohle desselben soll das Mauerwerk sehr angegriffen haben.

Die Schütze, welche zum Verschluss der Oeffnungen dienen, werden zuweilen durch Hebel, gemeinhin aber durch Schrauben in ähnlicher Weise, wie in manchen Fällen die Schütze der Schleusenthoren und Umläufen gehoben, und zwar hat neuerer Zeit gewöhnlich die Anordnung in der Art getroffen, dass die am Schütz befestigte Eisenstange im obern Ende selbst eine Schraubenspindel bildet, und die metallene Mutter auf einem Lager ruht und mittelst eines Hebels gedreht wird, der durch einen Schraubenschlüssel in sie eingreift.

Noch wäre hier noch zu erwähnen, dass die überwölbten Kanäle, wenn sie in der Erdschüttung liegen, leicht an der äussern Fläche die Bildung von Wasseradern begünstigen, da die Erde sich nicht vollständig an die Mauern anschliesst, wenn dieses ursprünglich auch der Fall gewesen sein sollte, leicht eine Lösung hier eintreten kann. Man pflegt, um diese Trennung zu verhindern, den Kanal mit einem festen Thon zu umgeben, ausserdem aber, wie auch wohl immer geschieht, einzelne vortretende Pfeiler an den Seiten aufzuführen, und diese mit Gurtbogen, die das Gewölbe umspannen, unter sich zu verbinden. Dadurch erreicht man den Vortheil, dass die Erde der Thon sich besser anschliesst, und wenn dennoch noch eine Trennung erfolgen sollte, die Adern wenigstens nicht in gerader Richtung sich hindurchziehen können, sondern vielfach unterbrochen werden.

An den beiden Stirnflächen der Kanäle befinden sich senkrechte Mauern, die theils als Flügel dienen, wogegen die Erdböden sich lehnen, theils aber auf der Wasserseite auch mit Eisen versehen sind, in welchen die Schütze sich bewegen. Für gehörige Fundirung dieser Kanäle kann immer leicht gesorgt werden, indem sie entweder in der Thalsohle, oder am Rande der Erdschüttung liegen, so dass sie nie von der letzten, vielmehr auf dem vom gewachsenen Boden getragen werden.

Was die Ableitung des Wassers durch Röhren betrifft, so mag zunächst die Vorrichtung beschrieben werden, wodurch das Bassin St. Fériel entleert, nachdem der Wasserspiegel bis zur zweiten Schützöffnung gesenkt ist. Die Röhren erstrecken sich nur durch die Mittelmauer, wie Fig. 370 zeigt, und das Wasser tritt an dieselben durch einen überwölbten Kanal *C*, oder es auch durch einen solchen *D* nach dem Thale abfließt. In der Mauer liegen drei gusseiserne Röhren bei *A* neben einander in gleicher Höhe, und zwar 6 Fuss über dem kleinen Kanale, den die Figur im Fusse der Mauer zeigt. Letzterer dient zum Ablassen des Rückstandes aus dem Bassin, und zugleich zum Abführen des Schlammes, der sich auf dem Boden niederschlagen hat. Hinter den bereits erwähnten Treppenthüren *B* lässt das Wasser freien Zutritt zu dem Kanale *C*, doch fließt es nicht in der Höhe der Sohle des Bassins in denselben hinein, sondern etwa 6 Fuss darüber. Dieses geschieht, um die Abfuhr des Schlammes nicht in Bewegung zu setzen, so lange der Schiffahrts-Kanal noch gespeist wird. Der Kanal *D* unter der äussern Böschung, der das Wasser von den Röhren nach dem Speisegraben führt, ist, wie der Grundriss Fig. 370 *b* zeigt, nicht in gerader Richtung gezogen, folgt vielmehr dem frühern natürlichen Laufe des Baches in einer starken Krümmung. Ueber dem Kanale befindet sich ein überwölbter Gang *E*, durch welchen man nach einer Treppe gelangt, die neben den Ausflussöffnungen der Röhren endigt.

Die Röhren sind 9 Zoll weit, doch bildet ihr Querschnitt nicht den Kreis, sondern eine Ellipse, deren lange Axe aufrecht steht. Man hat ihnen diese Form gegeben, um ein Drehen der Mauer zu verhindern. Jede Röhre ist vor der Ausflussöffnung mit einem Hahne versehen, der, von unten durchbohrt,

dem hindurchströmenden Wasser die lothrechte Richtung, damit es unmittelbar in den darunter befindlichen Abzug stürze. Am obern Zapfen jedes Hahns befindet sich ein gerades Rad von 2 Fuss Durchmesser, und dieses wird mittelst zweier Vorgelege und einer Kurbel bewegt. Die Bewegung soll unter starkem Drucke sehr leicht erfolgen. Die Hähne müssen aber noch gegen das Ausheben gesichert werden. Die Wasserschicht, welche nämlich in die Fuge zwischen dem Hahn und der Röhre tritt, nimmt an dem Wasserdrucke Theil, indem sie gegen die kegelförmige Fläche des Hahns wirkt, was sie ein Bestreben ihn auszuheben. Diese Wirkung zeigt sich schon bei allen Hähnen, wenn auch nur in geringem Grade. Eine Scheibe, welche man sonst an die untere Fläche des Hahns befestigen pflegt (Fig. 104 auf Taf. X), konnte in diesem Falle aber nicht angebracht werden, weil das Wasser hier von der andern Seite ausströmt. Dieser Umstand störte das Gleichgewicht im Hahne noch mehr und verstärkte den aufwärts gerichteten Druck des Wassers sehr bedeutend; demselben wird dadurch gegnet, dass eine starke eiserne Schraube von oben gegen die Axe des Hahnes drückt, und ihn hindert, sich zu heben. Die Ausströmung des Wassers soll, wenn das Bassin noch in der stehenden Höhe angefüllt ist, mit übermässiger Heftigkeit geschehen, so dass das Mauerwerk erzittert und ein starker Luftstoß entsteht, indem der Strahl die umgebende Luft gewaltsam mit sich reisst.

Auf diese Weise kann das Bassin beinahe ganz entleert werden. Will man aber den letzten Rückstand ablassen, so geht man mit einem Kahne nach dem Thurme *B*, und geht von dort durch den überwölbten Gang *G*, das Höllengewölbe gerade zu der Mittelmauer. Man steigt von derselben die Treppe hinauf und zieht das Schütz *H*, welches bisher den kleinen Kanal zwischen den Röhren sperrte. Wenn man alsdann noch das Aussenloch bei *F* öffnet, so stürzt sich das Wasser in jenen Kanal, und zugleich die Schlamm Massen mit sich, die im Bassin sich gesammelt hatten. Dieses Wasser wird nicht in den Spalt zwischen den Röhren, sondern nachdem derselbe abgeschlossen ist, in das Bett des Baches geleitet. Das Bassin wird dadurch vollständig entleert, und man kann alsdann die erforderlichen Reparaturen vornehmen.

Instandsetzungen vornehmen. Sehr zweckmässig hat man die Bassins mit dem von Lampy verbunden, so dass Beide durch denselben Bach gefüllt werden, je nachdem man ihn in das eine oder das andre leitet. Auf diese Weise wird das zufließende Wasser immer in einem von beiden Bassins aufgefangen, wenn das andre gerade in Stand gesetzt wird.

In den älteren Englischen Kanälen kommen Anordnungen, die in Bezug auf die Röhrenleitung der eben beschriebenen ähnlich sind. Fig. 368 zeigt eine solche, die zum Ablassen Wassers aus dem Speisebassin in den Birmingham-Warwick-Kanal dient. Der Damm besteht aus einer Erdschüttung, die sich eine Thonwand (*Puddle*) in der Mitte gedichtet ist. Unter den Dossirungen befinden sich überwölbte Kanäle, von denen äussere 2 Fuss über der Sohle mit einer hölzernen Laufbrücke versehen ist, auf welcher man zu dem Hahne am Ende der Röhre gelangt. Die lichte Höhe des Gewölbes über dieser Brücke beträgt 4 Fuss, so dass man ohne grosse Unbequemlichkeit hinein- und hinaus kann. Die Röhre besteht aus Gusseisen und ist mit einer nachwärts gekehrten Ausmündung versehen, so dass sie durch einen ähnlichen Hahn geschlossen und geöffnet wird. Ihre Länge beträgt 21 Fuss.

Ausser dieser verschliessbaren Ausfluss-Mündung ist noch ein anderer überwölbter Kanal durch den Damm gezogen, und mit einem Brunnen von denselben Dimensionen und derselben Einrichtung, wie Fig. 369 zeigt, in Verbindung gesetzt. Dieser Brunnen steht nicht auf der Sohle des Thales, sondern seitwärts auf 3 Fuss der Thalwand. Seine Sohle, die durch ein 3 Fuss hohes Fundament gesichert ist, liegt 5 Fuss höher, als die Sohle des überwölbten Kanals, der zu der Röhrenleitung führt. In geringer Höhe über derselben mündet seitwärts ein cylindrischer Kanal von  $2\frac{1}{2}$  Fuss lichter Weite, der durch den Damm geführt wird und am Fusse desselben in einem Graben endet, der das hier tretende Wasser nach dem natürlichen Bette des Baches leitet. Der Brunnen, 9 Fuss weit und in den Seitenmauern  $1\frac{1}{2}$  Fuss hoch, erreicht nicht die Kronenhöhe des Dammes, sondern bleibt 3 Fuss darunter. Er ist oben mit einer ringförmigen Schicht aus Werksteinen überdeckt, die durch einen Fugenschnitt, ähnlich dem in Fig. 14 auf Taf. XXIII dargestellten, in einander greifen.



Darüber befindet sich ein eisernes Gitter, um grössere Fische, die den Abzugskanal sperren könnten, von demselben abzuhalten. Der Zweck dieser Anlage ist nur, das Eintreten eines zu hohen Wasserstandes im Bassin zu verhindern. Sobald nämlich der Wasserstand hier seine normale Höhe erreicht hat, so befindet sich im Niveau des obern Randes des Brunnens, und wenn mehr Wasser hinzufließt, so stürzt dieses in den Brunnen, und zwar wird der Abfluss um so stärker, je höher der Wasserstand geworden ist. Der Brunnen versieht also die Stelle der gewöhnlichen Ueberfälle in der Krone der Dämme und Abschlüsse.

In neuerer Zeit hat man statt der Hähne, die bei der Weite der Röhren theils schwer zu bewegen sind, theils nicht dicht zu schliessen pflegen, in gleicher Art, wie bei den gewöhnlichen Wasserleitungen (§. 23), die Schieberventile (vergl. auf Taf. X) eingeführt. Unter Andern ist dieses auch bei dem von Telford erbauten Speisessassin für den Birmingham - Warwick - Kanal. Den Querschnitt des daselbst befindlichen Abschlussdammes nebst der Röhrenleitung zeigt Fig. 372 LXXV. Der Damm in der Mitte, mit einer starken Treppe versehen, wird durch keine überwölbten Kanäle und Gänge unterbrochen, vielmehr erstreckt sich nur eine gewöhnliche, gerade Röhrenleitung von dem Fusse der einen Dossierung zum andern. Insofern die Verbindung der Röhren durch die geringe Biegung des Strunges zulässt, ohne dass dabei die Dichtigkeit leidet, so ist bei dieser Anordnung selbst ein Nachgeben des Untergrundes ohne Nachtheil, wobei die Kanäle schon reissen würden. An der Ausmündung der Röhrenleitung, deren lichte Weite 14 Fuss misst, befindet sich ein Schieberventil. Um dasselbe indessen zu unterstützen, oder es zu ersetzen zu können, wenn es schadhaft geworden sein sollte, befindet sich auf der andern Seite, nämlich in der Einmündung im Bassin, noch ein zweiter Verschluss. Dieser ist Fig. 373 und b in grösserm Maassstabe, und zwar in der Seitenansicht zum Theil auch in der Ansicht von oben besonders dargestellt. Die Röhre ist nämlich aufwärts gekrümmt, und in der Stange sorgfältig abgeschliffen, so dass eine gusseiserne Scheibe genau verschliesst. Diese Scheibe dreht sich um eine horizontale Axe, die von der Röhre getragen wird, und ist mit zwei



man versehn, die rückwärts von der Axe ausgehn, und woran Ketten befestigt sind, die zum Oeffnen und Schliessen dienen. diesem Zwecke sind sowohl über, als unter der Röhre je zwei Ketten angebracht, über welche die vier Ketten gezogen sind. Die beiden zusammengehörigen Ketten verbinden sich in geringem Abstände mittelst eines hebel förmigen Zwischengliedes in je eine, und diese beiden sind längs der Dossirung in gusseisernen Röhren auf die Krone des Dammes gezogen. Hier steht eine eiserne Walze, die mittelst doppelten Vorgeleges die Walze dreht, an der die Ketten befestigt sind. Je nachdem man also die Kurbel in einen oder der andern Richtung dreht, wird die Klappe geöffnet oder geschlossen. Mit der kräftigen Winde ist es wahrscheinlich möglich, die Klappe selbst bei hohem Wasserdrucke zu öffnen, wenn das Schieberventil am andern Ende der Röhre schon schon geöffnet sein sollte. Gewiss dürfte es aber vorthellhafter sein, zuerst die Klappe und alsdann dieses Ventil zu öffnen. Besonders beim Schliessen möchte es sich empfehlen, die Strömung des Wassers durch das Schieberventil langsam zu unterbrechen, dessen Bewegung ganz beliebig gemässigt werden kann, während die Klappe, vom Wasserdrucke getroffen, sich leicht zu schnell schliesst, und alsdann bei der plötzlichen Unterbrechung des Stromes die ganze Röhrenleitung in Gefahr versetzen könnte.

Endlich mag hier noch einer Einrichtung Erwähnung geschehn, die bei Speisebassins von geringerer Tiefe sehr wichtige Vorzüge bieten scheint, wenn sie vielleicht auch noch nicht zur Ausführung gekommen sein sollte \*). Fig. 374 auf Taf. LXXVI zeigt diese Anordnung. Dieselbe besteht aus einer heber förmigen gusseisernen Röhrenleitung, die nicht unter dem Damme, sondern auf demselben liegt, also mit Ausschluss des in das Bassin herabreichenden Schenkels überall zugänglich ist. Dieser Schenkel besteht aber nur aus der einfachen Röhrenleitung und ist mit gar keinen Maschinentheilen oder Vorrichtungen zum Schliessen versehen, woher auch keine Beschädigungen daran vorkommen können. Vor der Einnündung der Röhre befindet sich nur ein starkes eisernes Gitter, um das Eintreiben von grössern Körpern

\*) Description of the Bann Reservoirs by Mallet, in Weale's Quarterly Papers, on Engineering. Vol. VI. Part. I.

zu verhindern. Die heberförmige Leitung in gewöhnlicher aus einzelnen Röhrenstücken zusammengesetzt, kann an Ausmündung durch ein Schieberventil geschlossen werden, indem im Scheitel noch eine aufwärts gekehrte kleine Röhre angebracht, die theils dazu dient, den Heber in Thätigkeit zu setzen, theils auch, sobald dieses nöthig wird, durch Zutritt von Luft seine Thätigkeit zu unterbrechen.

Will man den Heber wirken lassen, während der Wasserstand im Bassin niedriger ist, als in der Figur angegeben, das Wasser ihn noch nicht gefüllt hat, so öffnet man die Ansatzröhre und stellt eine Pumpe darauf. Wenn diese bewegt, nachdem das Schieberventil geschlossen ist, so zieht sie Wasser aus der Leitung aus, und indem das Wasser unter dem Einfluß der Atmosphäre in den luftverdünnten Raume eindringt, es durch den obern Theil in den abwärts gekehrten Schenkel zum Schieberventile und füllt diesen, so wie auch zuletzt die letzte Strecke der Röhre vollständig an. Dass dieses geschieht, kann sich dadurch zu erkennen, dass aus der Pumpe nicht mehr Wasser ausfließt. Alsdann schliesst man die Ansatzröhre mit einem Hahne, und sobald man nun das Schieberventil öffnet, so tritt der Heber in Wirksamkeit. Wenn keine Luft hindert, auch die Leitung vollständig gedichtet ist, so kann man durch das Schieberventil die Strömung beliebig unterbrechen, und später wieder eintreten lassen. Besorgt man dagegen, dass das Bassin sich zu hoch anfüllen möchte, so setzt man den Heber durch Öffnen der Ansatzröhre ausser Thätigkeit und öffnet gleich das Ventil. Sobald nun das Wasser bis gegen die Höhe des Dammes ansteigt, also etwa den in der Figur gezeigten Stand annimmt, so füllt es von selbst die Röhrenleitung und durch dieselbe ab. Ein zu starkes Entleeren des Bassins ist aber alsdann nicht zu besorgen, weil die Leitung, so lang die Ansatzröhre geöffnet bleibt, nicht als Heber wirken kann, die hinautretende Luft sogleich die Strömung unterbricht, und der Scheitel der Leitung über Wasser tritt.

Es ergiebt sich leicht, dass diese Vorrichtung nur da anwendbar ist, so lange der Scheitel des Hebers in mässiger Höhe dem Wasserspiegel des Bassins bleibt. Man darf aber wohl hoffen, sich der äussersten Grenze der Niveau-Differenz zu nähern.

he bei ganz vollkommener Ausführung erreicht werden könnte. Es würde bekanntlich 32 Fuss betragen. Alsdann müssten innen alle Theile luftdicht geschlossen sein, und was am schwersten zu erreichen ist, man müsste auch, wenn man bei so niedrigen Wasserständen den Heber noch in Wirksamkeit setzen wollte, den vollkommen luftleeren Raum in demselben darstellen. Da dies ganz unmöglich ist, und der Zudrang der Luft und die Ansammlung im obern Theile gleichfalls nicht verhindert werden kann (woher die Pumpe wohl von Zeit zu Zeit in Bewegung gesetzt werden muss), so dürfte die Anwendung dieser Leitung nur auf solche Fälle beschränken, wo die Wassertiefe im Grunde nicht grösser, als etwa 25 Fuss ist. Alsdann scheint sie vor allen andern Einrichtungen wesentliche Vorzüge zu besitzen, und sowohl in der Anlage als Unterhaltung die wohlfeilste zu sein.

Es ist bisher nur von solchen Speisebassins die Rede gewesen, die durch den Abschluss tiefer Thäler gebildet werden. Man kann indessen, wie auch in der That oft geschieht, flache unregelmässigen, oder kleinere Landseen als Bassins benutzen. Die erforderlichen Einrichtungen sind aber in diesem Falle, da der starke Wasserdruck dabei nicht vorkommt, so einfach, dass keiner weitern Beschreibung bedürfen, vielmehr die früher beschriebenen Stauwerke und Archen, nebst den gewöhnlichen Wehren, hierzu vollständig genügen.

#### §. 124.

#### Erdarbeiten.

Wenn der Zug des Kannals, sowie auch das Querprofil schon mit Einschluss der beiderseitigen Leinpfade bestimmt ist, überdiess das Längenprofil und die nöthigen Querprofile dem Terrain gemessen sind, so folgt hieraus unmittelbar, wie jede einzelne Stelle der Oberfläche durch Aufschüttung erhöht, oder durch Ausgrabung gesenkt werden muss. Die Ausarbeitung der Erdarbeiten ergibt sich also schon vollständig aus den frühern Ermittlungen. Hier soll zunächst über die Einrichtung und Ausführung dieser Arbeiten in ziemlich ebenem Terrain die Rede sein, während später der schwierigere Fall

behandelt werden wird, wenn tiefe Einschnitte und hohe Anhäufungen vorkommen. Alsdann erfordert nicht nur die Ausführung besondere Maassregeln zur Erleichterung der Arbeiten, sondern gemeinhin muss man auch in dem gewählten Profil gewisse Aenderungen eintreten lassen, um das ganze Werk gehörig zu sichern, und namentlich um den Einsturz der Dämme zu verhindern.

Wenn das Längenprofil des Kanales sich ziemlich dem Terrain anschliesst, also weder tiefe Einschnitte, noch hohe Anhäufungen darin vorkommen, so pflegen bei den Erdarbeiten keine besondern Schwierigkeiten einzutreten. Die gehörige Ordnung der Arbeiten erfordert jedoch selbst in diesem Falle man schon bei Aufstellung des Anschlages die nöthigen Transporte in der Art vertheilt, dass die Ausgräbungen soviel wie möglich eine zweckmässige Verwendung finden, die Transport-Weiten sich auf ein Minimum reduciren, und die Ausgleichung der Auf- und Abträge ist daher zu berücksichtigen, und indem die Transportkosten durch das Product der Massen in die Länge des Weges ausgedrückt werden, so kann man leicht, dass die Aufgabe, um deren Lösung es sich handelt, in das Gebiet der Statik fällt, und eigentlich nichts als die Auffindung der Schwerpunkte betrifft. Der Französisch-Ingenieur Léon Lalanne legte der Pariser Academie im Jahr 1827 eine Wage vor, die, nach dem Princip einer Römischen Waage construiert, dazu diente, den Schwerpunkt grosser Erdmassen zu finden, in welchem man deren ganzes Gewicht vereinigen konnte. Man hing nämlich an den verschiedenen verhältnissmässigen Abständen von dem Drehpunkte Gewichte, welche dem Flächeninhalte der einzelnen Profile entsprachen, verschob ein Gewicht, welches der Summe dieser Gewichte gleich war, so lange auf dem andern Arme, bis das Gleichgewicht hergestellt war. Der Abstand dieses letzten Gewichtes von der Drehachse gab alsdann die Lage des Schwerpunktes, oder des Punktes an, in welchem man die ganze Masse als vereinigen nehmen durfte. Es liege z. B. der Kanal eine gewisse Strecke hindurch im Abtrage, das heisst in jedem einzelnen Querschnitt sei der Abtrag grösser, als der Auftrag, so dass hier die ausgegrabene Erde nicht vollständig verwendet wird, daher



nahe liegende Strecke verfahren werden muss, wo das Urtheil stattfindet. Die Grenze, wo die Profile aus dem Abtrage in den Auftrag übergehn, nehme man als Anfangspunkt für die Entfernungen an, doch ist diese Annahme sehr willkürlich, man kann, ohne die Richtigkeit des Resultates zu beeinträchtigen, dafür auch jeden andern beliebigen Punkt wählen. Wenn man nun an den einen Arm in verhältnissmässigen Abständen die entsprechenden Gewichte hängt, so findet man leicht den Vorschub des Gesamtgewichtes den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, oder den Abstand der mittleren Entfernung des fortzufallenden Abtrages von der Drehungsaxe, oder jenen beliebigen angenommenen Punkt. Es muss dahin gestellt bleiben, ob dieses Verfahren vor der Berechnung des Schwerpunktes (wenn die Profile innerhalb der gleichen Grenze der Genauigkeit gehalten im Allgemeinen vorzuziehen ist, und leichter zum Resultate führt).

Als Controle dürfte es sich aber allerdings empfehlen.

Hierbei wird vorausgesetzt, dass man die Flächeninhalte der einzelnen Profile bereits kennt. Gewöhnlich ermittelt man sie durch Zerlegung in Dreiecke, und dieses Verfahren muss beibehalten werden, wenn das Querprofil sehr unregelmässig ist, dagegen kann man die Arbeit in hohem Grade erleichtern, wenn man für ein ziemlich ebenes Terrain die verschiedenen Profile, die darin vorkommen können, zuvor berechnet, und in eine Tabelle zusammenstellt, woraus man alsdann die Flächeninhalte leicht entnehmen kann. Auf grosse Genauigkeit ist es bei dieser ganzen Operation indessen wenig an, da die Abtragung doch immer, schon mit Rücksicht auf die verschiedene Beschaffenheit des Bodens, manche Abweichungen zu zeigen pflegt. Die erwähnte Tabelle muss aber zwei Eingänge haben, nämlich einerseits die Höhe der Kanalsohle über oder unter der Terrainhöhe, anderseits die Axe des Kanales, und sodann die Neigung des Terrains, oder die Richtung des Querprofiles. Nachdem das Querprofil des Kanals bestimmt ist, man also nicht nur seine Sohlenbreite, sondern auch seine Böschungen, die etwaigen Bankete, die Höhe der Breite der Leinpfade, die Neigung der anschliessenden Dämme, auch die Profile der Seitengräben kennt, so ist es leicht, die angenommene Terrainhöhe und jedes Quergesälle die Abtragung und Abträge in den einzelnen Profilen, und den Ueberschuss



des Auftrages über den Abtrag, oder umgekehrt, zu berechnen. Diese Berechnung erleichtert sich noch bedeutend dadurch, da zum Theil dieselben Flächen sich vielfach wiederholen. Da nun aber die Tabelle zusammengestellt, so ist es wieder sehr leicht die Profile oder die Masse der fehlenden oder übrigbleibenden Erde für jeden Fall daraus zu entnehmen.

Man hat auch daran gedacht, den Kanal, soviel es möglich ist, so zu führen, dass in jedem einzelnen Querprofil die Ausgleichung des Auf- und Abtrages vollständig eintreffe. Dieses ist allerdings möglich, wenn der Kanal sich auf einem mehr oder weniger geneigten Abhange hinzieht, und man darf ihn zu diesem Zwecke nur in diejenige Terrainhöhe verlegen, wo der Abtrag eben so gross, als der Auftrag ist. Die vorstehend erwähnte Tabelle giebt dieses Höhenverhältniss für die verschiedenen Querschnitte schon zu erkennen. Eine bedeutende Verlängerung des Kanales pflegt aber jedesmal die Folge dieses Verfahrens zu sein, indem man allen kleinen Unebenheiten des Bodens nachgeben muss. Ausserdem besorgt man hierbei auch eine zu hohe Lage des Kanales und deshalb eine starke Vermehrung der Filtration; dieses lässt sich aber leicht vermeiden, indem man den Leinpfad auf der Thalseite verbreitet, sobald der Wasserspiegel über die Terrainhöhe liegt. Ueberhaupt lassen sich auch bei diesem Verfahren die Rücksichten wahrnehmen, welche bei Gelegenheit der Wahl der Kanallinie schon empfohlen sind.

Die Erdarbeiten werden demnach so angeordnet, dass für gewisse Strecken eine Ausgleichung des Auf- und Abtrages eintritt. Wenn dieses aber nicht vollständig zu erreichen sein sollte, und man entweder den Ueberschuss des Abtrages zur Seite ablagern, oder den fehlenden Auftrag von der Seite entnehmen müsste, so bemüht man sich doch wenigstens, jene Ausgleichung innerhalb gewisser Grenzen und, soweit dieses ohne gar zu ausgedehnte Transporte geschehn kann, eintreten zu lassen.

Ueber das Abgraben ist wenig zu erinnern. Es geschieht wohl immer auf die einfachste Weise, nämlich durch Handarbeit mit dem Spaten, wenn nicht etwa bei tief liegenden Kanälen die Beseitigung des Grundwassers grosse Schwierigkeiten macht, und man es daher vorzieht, die Vertiefung durch Ausbaggern zu bewirken. Dieses ist in manchen Fällen schon wegen der leicht-

den Wassertransporte wohlfeiler, und man erreicht dabei noch wesentlichen Vortheil, dass die Dossirungen namentlich in weichem und sehr nassem Boden sich besser halten, als wenn der Kanal durch Fangedämme in kleinere Theile abschliesst, und diese durch Schöpfmaschinen trocken legt. Ferner wäre noch zu erwähnen, dass bei einem trocknen Thonboden, in gleicher Weise auch bei Kies, der mit Thon durchzogen ist, das Aufbrechen desselben grosse Schwierigkeiten macht, so dass man nicht unmittelbar mit dem Spaten die Erde abstechen kann, sie vielmehr vorher mit der Hacke loshauen muss. In diesen Fällen hat man zuweilen eine wesentliche Erleichterung der Arbeit darin gefunden, dass man den Boden aufpflügen lässt.

Ueber den Transport der Erde ist bei der vorausgesetzten Einheit des Terrains nichts Besonderes zu erwähnen. Ungewöhnliche Mittel, von denen man schon hier zuweilen Gebrauch macht, gewinnen bei ausgedehnteren Erdarbeiten in hohem Grade Bedeutung, und sie sind daher passender bei Gelegenheit der im Einschnitte und hohen Schüttungen zu beschreiben.

Was endlich die Aufbringung der Auftragserde betrifft, ist dabei vorzugsweise auf die Vermeidung der Filtration Rücksicht zu nehmen, und es gelten deshalb hier dieselben Regeln, die schon bei Gelegenheit der Abschlussdämme neben den Speisewässern aufgestellt worden (§. 123).

Bevor die Aufschüttung beginnt, muss der Rasen vom Boden abgestochen werden, weil derselbe eine innige Verbindung verleiht, und zu einem starken Durchquellen Veranlassung geben würde. Der Rasen wird aber, insofern er hinreichend fest und dünn ist, zur Seite in Haufen aufgestellt, damit er nach der Ausführung der Erdarbeiten zur Bekleidung benutzt werden kann. Wenn man ihn aber nicht an derselben Stelle wieder zu verwenden braucht, wo er abgestochen ist, er vielmehr an andern Stellen theilen, die bereits in der Erdarbeit vollendet sind, sogleich benutzt werden kann, so lässt sich das starke Eintrocknen desselben grossentheils vermeiden.

Man pflegt sich indessen in vielen Fällen mit dem blossen Abstechen des Rasens nicht zu begnügen, weil hierdurch eine etwas glatte Oberfläche dargestellt wird, die wieder mit der aufgeschütteten Erde sich schlecht verbindet. Es wird deshalb

die entblösste Oberfläche noch mit der Hacke aufgearbeitet und  
 rauh gemacht, oder man pflügt sie auch wohl auf. Bevor diese  
 Arbeiten vorgenommen werden, muss man indessen schon die  
 Grenzen oder Contouren der aufzubringenden Anschüttungen kennen,  
 und ehe mit den Anschüttungen der Anfang gemacht wird, müssen  
 auch die Profile abgesteckt sein. Dieses geschieht, indem  
 man in gewissen Abständen, also etwa von 5 zu 5 Ruthen Cha-  
 blonen aus Latten aufstellt, welche die Profile der aufzubringenden  
 Anschüttungen bezeichnen. Es ist aber, besonders bei hohen  
 Anschüttungen, nicht nothwendig, diese Chablonen sogleich mit  
 grosser Sorgfalt und Genauigkeit einzurichten, weil sie bei dem  
 Erdtransporte und beim Befestigen der Erdschichten doch keins-  
 wegs unverrückt erhalten werden können, und das genaue La-  
 stellen derselben später vorgenommen werden muss, wenn die  
 Erdarbeiten sich ihrer Vollendung nähern. Man kann anfangs  
 sich mit senkrecht eingestossnen Stangen begnügen, und braucht  
 diese noch nicht mit den schrägen Verbindungs-Latten zu ver-  
 sehen, welche die Dossirungen darstellen, weil solche den Erd-  
 transport zu sehr erschweren würden.

Bei Bezeichnung der Höhen muss indessen schon auf das  
 Sacken der Anschüttungen Rücksicht genommen werden, und es  
 ist deshalb nothwendig, jede bezeichnete Höhe in einem gewissen  
 Verhältnisse zu vergrössern. Wie gross dieses angenommen wer-  
 den soll, ist nach den bisherigen Beobachtungen schwer anzuge-  
 ben, jedenfalls darf man aber voraussetzen, dass das Sacken der  
 Schwinden der angeschütteten Erde in Kanaldämmen, die dem  
 der Befenchung ausgesetzt bleiben, geringer ist, als in denen,  
 Ausserdem kommt es hierbei auch auf die Art der Befestigung  
 an. Je sorgfältiger diese ausgeführt wird, um so geringer wird  
 das spätere Sacken sein. Vielleicht entfernt man sich nicht weit  
 von der Wahrheit, wenn man unter Voraussetzung eines sorgfäl-  
 tigen Abrammens der Erde, and zwar in dünnen Schichten, an-  
 nimmt, dass das Sacken den vierundzwanzigsten bis zum zwölften  
 Theile der Höhe der Aufschüttung beträgt. Das erste Verhältniss  
 würde bei sehr sandigem und das letzte bei sehr thonigem Boden  
 Anwendung finden.

Dass die aufzubringende Erde sehr rein sein muss, ist  
 bereits früher erwähnt. Es dürfen keine Rasen, kein Torf, keine

zeln, Aeste, Sträucher u. dgl. sich darin befinden, und wenn und Steingerölle auch nicht ganz unbedingt als unbrauchbar Ausschüttung anzusehn sind, so dürfen diese Materialien doch mit grosser Vorsicht verwondet werden, damit sie nicht etwa, sie in ganz durchgehenden Schichten verbraucht wären, zu sehr starken Durchquellen Veranlassung geben. In gleicher Weise muss man auch mit Vorsicht den sandigen und den thonigen Boden verwenden, wenn beide gleichzeitig in dem Abtrage kommen. Es ist daher im Allgemeinen sehr zweckmässig, ein solches Sortiren der verschiedenen Bodenarten eintreten zu lassen. Es darf kaum erwähnt werden, dass es ganz überflüssig ist, die Arbeit mit der grössten Gewissenhaftigkeit vorzunehmen, und dadurch die ganze Arbeit sehr zu erschweren und zu vertheuern, aber die Aufseher gehörig angewiesen sind, so ist es leicht, die Handkarren oder die einzelnen Erdwagen auf diejenigen Stellen fahren zu lassen, wo das Material, welches sie enthalten, die passendste Verwendung findet. Man wird unbedingt dafür sorgen müssen, dass durch die ganze Länge jeder Dammschüttung ein gewisser zusammenhängender Kern von besserer Erde sich durchzieht, der die Bildung von durchgehenden Wasseradern verhindert. Man kann diesen Kern in der Mitte der Dammschüttung anbringen, und wohl eben so vortheilhaft auch auf der Aussen- oder der dem Wasser zugekehrten Dossirung, weil er dadurch nicht nur den angegebenen Zweck erfüllt, sondern ausserdem noch zur bessern Befestigung der Dossirung dient. Er muss so liegen, wo er auch liegen mag, sich unmittelbar an den gewachsenen Untergrund anschliessen, darf also nicht etwa, wenn die Dammschüttung über dem natürlichen Terrain läge, in der Höhe derselben erst beginnen. Eine Verkleidung der Aussen- oder der landwärtigen Dossirung mit besserer Erde ist zur Beförderung des Grasswuchses, also zur Befestigung des Damms gleichfalls sehr nützlich, doch würde es nicht zweckmässig sein, an dieser Stelle den wasserdichten Abschluss darstellen zu wollen, weil das Wasser, wenn es bereits durch den Damm gedrungen ist, die weiche Decke leicht durchbrechen und durch dieselbe einen Auslass finden würde. Es möchte sich demnach vorzugsweise die Methode empfehlen, den Hauptkörper des Damms, falls man nur ein solches Quantum besserer Erde besitzt, aus dem schlech-



teren Boden aufzuschütten, und denselben auf der Wasserseite etwa 4 Fuss und auf der Landseite 1 Fuss stark mit bester Erde zu verkleiden. Nichts desto weniger lassen sich genauere Kenntniss der zu verwendenden Erdarten und der Höhen des Wassers keine allgemeine Regeln aufstellen, und die Erde so schlecht sein, dass sie selbst bei dieser Veranlassung der Filtration nicht mit Sicherheit begegnete, so bliebe noch eine künstliche Dichtung vorzunehmen, von der im Folgenden (§. 126) die Rede sein wird.

Dass die Erde in dünnen Lagen oder Schichten gebracht und so abgerammt werden muss, damit jede folgend mit der vorhergehenden möglichst innig verbunden ist, bereits erwähnt worden und eben so wie man in dem Dammeschild behufs Abschliessung der Speisebassins diese Lagen nicht eben, sondern in der Form von gekrümmten Schalen bringt, so kann dieses auch im vorliegenden Falle geschehen. Der Nutzen einer solchen Anordnung nicht als bedeutend angesehen werden.

Wenn die Schüttung endlich im Rohen vollendet ist, werden die Chablonen mit grosser Sorgfalt aufs Neue eingestrichen und die Dossirungen, so wie auch die Kronen der Damm-Bankete hiernach genau ausgeglichen, und je nachdem es nöthig ist, abgestochen oder aufgefüllt, in beiden Fällen aber durch zierne Schlägel oder mittelst Stampfen möglichst befestigt. Die Dossirungen über Wasser erhalten grossentheils eine Decke, und diese kann entweder durch Belegen mit den gleichen Soden oder Rasen, oder auch durch Besamung bewerkstelligt werden. Das Letzte wird allgemein als das Vorzüglichere angesehen, weil die Rasen, wenn sie aufgelegt sind, sich desto inniger mit dem Untergrunde verbinden. Man muss aber, wenn man die Rasen auflegt, dafür sorgen, dass sie nicht zu etgetrocknet sind, weil sie alsdann gar nicht, oder doch nur sehr wenig anwachsen würden, ausserdem müssen sie fest aneinander genau an einander schliessen. Zu dem letzten Zwecke wendet man sie nicht ganz frisch, sondern etwas eingetrocknet an: sie quellen alsdann bei der Benetzung, und stellen durch von selbst den dichten Schluss dar. Mit einem kleinen Schlägel werden sie auf den vorher benetzten Boden ange-



es ist nothwendig, sie sogleich nach dem Aufbringen stark begiessen, und dieses auch so lange täglich fortzusetzen, bis sie angewachsen sind. Man überzeugt sich leicht, dass dieses Begiessen unter Umständen überaus kostbar werden kann, und ist im günstigsten Falle bedeutende Ausgaben veranlasst, während es in sehr trockner Jahreszeit, und wenn der Kanal noch mit Wasser gefüllt ist, dennoch das Vertrocknen des Rasens in dessen freier Lage zuweilen nicht verhindert. Hiernach ist es wohl, die Rasenbekleidung nur in nasser Witterung aufzubringen, zuweilen geschieht dieses erst nach der Füllung des Kanales mit Wasser. Wenn dagegen der Rasen durch Besaamung gesetzt wird, so ist das Begiessen entbehrlich, und die Arbeit wird jeder Beziehung erleichtert, aber es tritt der Uebelstand ein, dass die Dossirungen längere Zeit hindurch kahl bleiben, und die Bendecke sich erst nach einigen Jahren ausbildet. Man pflegt dann zwar im nächsten Frühjahre mit dem Grassamen zugleich zu auszusäen, der einen nothdürftigen Schutz schon bald gewährt, namentlich wenn man ihn nicht hoch aufschliessen lässt, sondern ihn häufig abmäht. Auch wenn er abgestorben ist, dienen seine Wurzeln zur Bedeckung des Bodens, so dass weder Wind noch Regen die Erdtheilchen entfernen und dadurch das Nachwachsen des Grases verhindern.

Zuweilen ist der Boden so schlecht, dass die Bildung des Rasens durch Besaamung zunächst ganz unmöglich ist, weil auch Klee und andere Kräuter darauf nicht fortkommen, und andererseits wegen der allgemeinen schlechten Beschaffenheit des Bodens auch aus den Umgebungen kein brauchbarer Rasen beigebracht werden kann. Dieser Fall trat bei der Ausführung des Kanals in der Nähe von Lingen ein. Der Boden bestand in weiter Entfernung nur aus Sand und etwas Moorerde, er überdeckte sich nirgend mit festem Rasen, und wenn er ohne Befestigung gelassen wurde, so war er ein Spiel des Windes, und die angelegenen Ausgrabungen waren der Gefahr ausgesetzt, beim nächsten Sturme vollständig wieder angefüllt zu werden. Unter diesen Umständen wurden Rasen gestochen, die nicht mit Gras, sondern mit Heidekraut durchwachsen waren, und da auch diese nicht reichlich vorkamen, dass man die entblößten Sandstellen in der Nähe des Kanales und die Kanaldämme damit vollständig

hätte belegen können, so begnügte man sich, sie streifenweise 3 bis 4 Fuss Abstand von einander, und zwar in zwei Richtungen zu verlegen, so dass sich quadratische Räume bildeten, die unbedeckt blieben, in denen jedoch das Abtreiben des Sandes durch die Umschliessungen verhindert wurde. Man bemerkte indessen bald, dass die Rasen in sehr kurzer Zeit durch den Wind zerstört wurden und nach und nach fortflozen, wenn man sie in der Richtung, wie sie gewachsen waren, verlegte. Die Pflänzchen wurden nämlich vom Winde hin und her bewegt, lösten sich dadurch bald von dem sie umgebenden Sande, und wurden fortgetrieben. Man versuchte daher, die Rasen umgekehrt auf den Boden zu legen, nämlich die Wurzeln mit der umgebenden Erddecke nach oben. Dieses zeigte sich als vortheilhafter, indem die vielfach verzweigten Wurzeln den Sand zwischen sich festhielten, und nirgend ein Gegenstand vorragte, der vom Winde besonders angegriffen werden konnte. Diese Art der Bedeckung versprach indessen allerdings keine Dauer, und noch weniger war zu erwarten, dass die Rasen auswachsen und nach und nach den Boden überziehen würden. Sie dienten nur zum vorläufigen Schutze, damit irgend eine andre Vegetation sich dazwischen ausbilden konnte. Eine solche beförderte man dadurch, dass man eine sonst ganz nutzlose Pflanze, die hier häufig vorkommt, nämlich Spergel oder Spark (*Spergula pentandra*) zwischen die Haiderasen säete. Sie gedieh sehr gut und obwohl sie selbst, bei ihrer geringen Höhe und dünnen Beschaffenheit noch wenig zur gehörigen Sicherung des Bodens beitragen konnte, so überdeckte sie denselben doch so weit, dass in ihrem Schutze eine kräftigere Vegetation sich endlich ausbildete. Zur Beförderung der letztern hat ohne Zweifel die Anfüllung des Kanales mit Wasser wesentlich beigetragen, aber kaum ist eine grössere Veränderung des Bodens denkbar, als hier eingetreten ist, indem die kräftigsten Waldungen und Wiesen den Boden bedecken, der vor dreissig Jahren nur fliegenden Sand zeigte und spärlich mit Haidekraut überzogen war.

Häufig pflanzt man auch Bäume zur Seite des Kanales an, doch wird dieses keineswegs allgemein für zweckmässig erachtet, vielmehr besorgt man zuweilen, dass das Wasser durch die hineinfallenden Blätter verunreinigt, auch die Filtration durch die Wurzeln der Bäume befördert werde, indem sie sich nach dem Wasser

ziehn, und die Gleichmässigkeit des Bodens unterbrechen. Der Grund ist ohne Zweifel von keiner Bedeutung, dagegen ist nicht in Abrede zu stellen, dass die Wasserdichtigkeit allerdings beträchtigt wird, sobald vielfache und besonders stärkere Wurzeln den Boden durchziehn. Dieser Umstand würde indessen nur Veranlassung sein, die Bäume nicht auf den hintern Rand der Leinpfade, oder nicht unmittelbar hinter die aufgeschütteten Dämme zu stellen, wogegen die Bepflanzung eines höhern Ufers ganz ohne Vortheil ist. Dabei tritt sogar noch der geringe Vortheil ein, dass der Wind etwas gemässigt, auch der Kanal beschattet wird, so die Verdunstung sich verringert. Neben den Englischen Kanälen sieht man dergleichen Baumplantagen nicht, doch dieses ist weniger aus dem Grunde, dass man sie für schädlich hielt, weil man dort alles Entbehrliche zu vermeiden pflegt. Wohl sind daselbst gemeinhin niedrige lebendige Hecken an den äussern Seiten der beiden Uferanlagen angepflanzt. Dieselben dienen zur Bezeichnung der Grenze des zu dem Kanale gehörigen Grundstücks. In Frankreich dagegen werden die Kanäle zu beiden Seiten von Reihen hochstämmiger Pappeln eingeschlossen, die daselbst auch sehr gut gedeihen.

Wenn man nahe unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel eine Markete anbringt (§. 121), so müssen dieselben mit Sumpfpflanzen bewachsen sein, weil sie sonst dem dahinter liegenden Ufer nicht den nöthigen Schutz gegen den Wellenschlag gewähren, sondern selbst durch diesen zu sehr leiden. Die Pflanzen, deren Wurzeln man hier vorzugsweise zu stecken pflegt, sind die gelbe Schwertel (*Iris pseudacorus*), der Rohrkolben (*Typha latifolia*), das Sumpfschwertel (*Acorus Calamus*), und gewöhnliches Rohr (*Arundo phragmites*), doch gedeiht letzteres nur, wenn das Banket stets mit Wasser bedeckt bleibt.

Ueber die Befestigung der Leinpfade ist wenig zu sagen. Dieselben liegen entweder auf aufgeschütteten Dämmen, welche nach beiden Seiten entwässern, oder am Fusse des höhern Ufers, und im letzten Falle sind sie von demselben durch einen Graben getrennt, so dass das Bergwasser sie nicht unmittelbar berührt. An gehöriger Entwässerung fehlt es ihnen daher niemals. Je desto weniger liegen sie nicht hoch über dem Wasserspiegel des Kanals, und wenn sie daher aus einem Boden bestehen,

der die Feuchtigkeit stark anzieht, so können sie leicht, stens stellenweise sich in Sümpfe verwandeln. Um den Leinpfad nicht zu sehr zu erschweren, ist es alsdann dringend noth, sie mit einer festen Decke, also mit einer leichten Chan zu versehen. Dieses ist auch der Fall, wenn der Boden sandig ist, derselbe also zur Zeit der Dürre sich auflockert, und dann sogar durch den Wind in den Kanal getrieben werden. Um das Abtreten des vorderen Rundes des Leinpfades zu hindern, schliesst man denselben zuweilen mit einer Reihe von Steinen ein, die freilich am sichersten gelagert sind, wenn die Binnendossirung mit Steinen verkleidet ist; aber auch ohne solche Steine einigen Schutz für die Dossirung zu gewähren, man findet sie daher zuweilen bei Englischen Kanälen.

Eine besondere Befestigung bedarf endlich der Leinpfade, die noch neben solchen Kanälen, die in sehr sumpfigem Grunde ausgehoben sind. Die Kanal-Dossirungen pflegen sich nicht im Torfe, sondern auch in weniger festem Grunde recht zu halten, so lange der Druck des Wassers beinahe eben so stark ist, als der des stark durchwässerten und nur wenig höheren Rundes. Dieses Gleichgewicht wird aber sogleich aufgehoben, wenn man zur Befestigung und Trockenlegung des Leinpfades eine feste Schüttung aufbringt. Letztere kann in diesem Falle von dem Untergrunde getragen werden, sie versinkt daher nicht, sie drängt die Dossirung in den Kanal, und wollte man die Anschüttung weiter fortführen, so würde der Kanal sich mit dem weichen Boden ganz anfüllen. Es stellt sich nach unter solchen Umständen die Bedingung heraus, einen Leinpfad aus irgend einer dünnen und leichten Decke zu bilden, die nicht so stark auf dem Boden lastet, dass sie darin versinkt, doch hinreichend fest ist, um Menschen und einzelne Pferde zu tragen. Wenn nun Menschen den Leinenzug ausüben, ist die Lösung der Aufgabe nicht schwierig. Man darf nur eine Fashinenpackung anbringen, auch genügt schon eine Reihe von Reusen, die längs dem Ufer verlegt wird. In Holland stellt man Wege auch häufig durch Schüttungen von Muscheln dar, die man oft einige Zoll hoch hier oder Bauschutt wirft, und man die Wege damit fest machen will. Auf dem Sande



Id ein Pferd diesen Weg passirt, so wird der Boden auf die Ruthen weit erschüttet, aber dennoch ist die Festigkeit eben für diesen Zweck genügend, und der Weg, der freilich unbrochener Reparaturen bedarf, erhält sich in ganz befriedigendem Zustande.

Bei dem Oureq-Kanale, in der Nähe von Paris, hatte man unter gleichen Verhältnissen eine andre Befestigungs-Art des Leinpfades gewählt, die freilich weit unvollkommener war, aber dennoch grossentheils den Pferden einen ziemlich festen Uebergang bot. Man schüttete nämlich eine Lage Kies auf den Boden, die nur 2 bis 3 Zoll stark war, und bewarf dieselbe mit der Erde aus den vielfach in der Nähe befindlichen Kalköfen, worin theils Muscheln gebrannt werden. Das Gemenge von gebrannter Kalkerde und Torfasche wirkte einigermassen wie ein hydraulischer Mörtel, indem es sich in der Bodenfeuchtigkeit auflöste. Es verband die einzelnen Kiesstückchen zu grösseren Massen, und namentlich zu flachen Platten, die unter dem Gewichte der Pferde zwar nachgaben und kanteten, auch wohl zerbrachen, doch nicht versanken.

Schon früher war die Rede davon, dass gerade in der Höhe des Wasserstandes die Kanal-Dossirungen am meisten zu pflegen. Indem diese Beschädigungen vom Wellenschlage herkommen, so wird denselben auch durch Annahme flacher Böden keineswegs vorgebeugt. Die Mittel, wodurch man denselben begreuet, sind sehr verschieden. Von den Banketen ist die Rede gewesen, auch ist erwähnt worden, dass diese an grossen Beschädigungen ausgesetzt sind, und gemeinhin die Kosten eines Kanales merklich vergrössern, weil sie die Höhe des anzukaufenden Terrains um 6 Fuss vermehren. In der That wird nicht selten, und namentlich da, wo wegen des hohen Grundwerthes sehr steile Böschungen gewählt werden müssen, eine Befassung von Faschinen angebracht. Die Methode ist dieselbe, die schon früher (am Schlusse von §. 78) beschrieben worden. Man legt nämlich noch unter dem Wasserspiegel eine Lage Faschinen in den Leinpfad, die sämmtlich quer gegen das Ufer gerichtet sind, und mit den Stammenden in die Fläche der Dossirung reichen. Nahe hinter die Stammenden wird in der Erde eine Faschine ein Pfahl geschlagen, und um diese ein Flechtwerk



von Reisern 6 Zoll hoch gewunden. 1 Fuss dahinter an gleicher Flechtzaun ausgeführt. Den Raum zwischen beiden man sorgfältig mit Ziegelbrocken aus, und bringt, nach den Wipfelenden der Faschinen noch mit einer Warst übernacht mit Erde beschüttet sind, eine zweite Faschinenreihe in der Art, wie die erste, auf. Auch diese Reihe wird zwischen Flechtzäunen mit Steinstückchen ausgepackt und mit Erde beschüttet, während die Befestigung des Leinpfades sich an etwas höheren Zaun lehnt, der hinter dem vordern der oben geflochten ist. In dieser Weise sah ich an einzelnen Stellen am Ufer des grossen Nordholländischen Kanales befestigen. Es ist indessen ein, dass dieses Verfahren, wiewohl es für die Zeit eine feste Bekleidung darstellt, und den Beschädigungen durch Wellenschlag sehr sicher begegnet, dennoch keine Dauer verspricht. Das Strauch sowohl in den Faschinen, als in den Zäunungen, soweit es über Wasser liegt, verrottet bald, und beim Gegenstossen der Schiffe brechen alsdann grosse Massen zusammen, stürzen zugleich mit den entblösten Steinen in den Kanal, wodurch die Leinpfade immer mehr an Breite verlieren.

Zweckmässiger ist ein anderes Verfahren, welches ich an andern Stellen desselben Kanales ausführen sah, und welches sonst in Holland angewendet wird. Zur Erklärung desselben schicke ich die Bemerkung voraus, dass ein gut durchwurzelter Rasen dem Wellenschlage längere Zeit hindurch recht widersteht, auch die dahinterliegende Dossirung sichert, dass aber in der Höhe des Wasserstandes und sogar etwas unter demselben keinen Rasen aufringt, weil derselbe hier nicht ausreicht und sich nicht mit dem Untergrunde verbindet. Diesem Uebelstande hat man dadurch begegnet, dass unter dem Wasser ein sehr fester Flechtzaun, wie Fig. 149 auf Taf. XL dargestellt, solchen zeigt, angebracht ist. In Abständen von 1 Fuss voneinander sind Zaunpfähle von etwas über 1 Zoll Stärke mässig eingetrieben, und das Flechtwerk, das an jeder Stelle aus vier Strängen besteht, ist so angefertigt, dass vor jedem Pfahl ein neuer Strang eingelegt ist, der hinter dem zweiten Pfahl wieder trifft, den obern Theil des Zaunes bildet, und alsdann herabgeht, und von den folgenden Strängen überdeckt wird. Jeder Strang besteht aus drei Weidenruthen, die unter sich nicht

en sind, sondern nur parallel neben einander liegen. Dieser ist etwa 6 Zoll hoch, und wird vor dem Einlassen des aus-geführt. Er steht so tief, dass er später ganz mit überdeckt wird, also dem schnellen Verrotten und Verfaul- ausgesetzt ist. Gegen diesen Zaun lehnt sich die un- schicht der Rasen, und wenn dieselbe mit der Zeit schad- wird, kann man sie ohne Mühe durch eine neue ersetzen. sehr häufig, und namentlich in den Englischen Kanälen, wer- de Dossirungen durch einen regelmässigen Steinsatz, also Art von Pflaster oder ein Perré gesichert. Ohne Zweifel eses Verfahren das solideste, und man erreicht dabei noch Vortheil, dass auch die Befestigung des Leinpfades sich dagegen lehnt, und derselbe scharf begrenzt wird. Auch adern Kanälen, und selbst bei den unsrigen, wie namentlich Ruhr, wird diese Methode stellenweise und zwar unterhalb chlenen angewendet, weil das durch die Schütze der Unter- stürzende Wasser die blossen Erdböschungen stark angreift. Eine solche Steindecke lässt sich indessen auch anbringen, dass man sie bis zum Fuss der Dossirung, oder bis zur des Kanales herabführt. Es kommt nur darauf an, ihr ein Widerlager zu geben. Die so eben beschriebenen Pflacht- dürfen zu solchem Zwecke wohl nicht als genügend ange- werden, aber man kann gleich bei Darstellung der Doss- gen etwas stärkere Pfähle hineintreiben, und entweder un- bar gegen diese, oder gegen eine davorgestellte Bohle die ansetzen. Die Pfähle nebst den Bohlen bleiben immer un-asser, sind daher keiner baldigen Beschädigung ausgesetzt, an kann ihre Stellung noch sichern, wenn man die Aussen- des Pflasters mit der Erddossirung unter Wasser bündig die Pfähle also gegen ein Erdbanket stützt. Welche Rück- n übrigens bei der Ausführung des Pflasters zu nehmen sind, nämlich dasselbe geschlossen versetzt, und auf eine Unter- von Kies oder Bauschutt gestellt werden muss, ist schon bei enheit der Sicherung der Stromufer (§. 74) erörtert worden. Mit den Erdarbeiten eines Kanales steht noch die Wieder- tellung derselben in naher Beziehung, und namentlich es sich, ob die von Zeit zu Zeit nöthigen Räumungen und llungen der ursprünglichen Tiefe durch Ausgraben oder gen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

durch Baggern bewirkt werden sollen. Gemeinhin wird man wohl das Erstere wählen, weil die Arbeit dadurch wohlfeiler und zugleich um Vieles regelmässiger wird. Die obern Kanalstrecken, welche man leicht trocken legen kann, und welche auch wegen der Reparaturen an Schleussen und andern Bauwerken zu Zeiten trocken gelegt werden müssen, wird man daher wohl gewöhnlich in dieser Weise räumen, besonders wenn es nur auf die Beseitigung geringer Erd- und Sandmassen ankommt, die keine Verlängerung der Kanalsperre bedingen. In den untern Strecken dagegen, deren Trockenlegung grössere Schwierigkeiten bietet, kann man auch durch Baggern die verlorne Tiefe wieder herstellen, und selbst für die obern Strecken ist es zuweilen vortheilhafter, dasselbe Verfahren zu wählen. Diese Vortheile bestehen zunächst darin, dass man wegen der Räumung den Kanal nicht trocken legen, also die Schiffahrt nicht unterbrechen darf. Wenn die Baggermaschine auch den Verkehr etwas erschwert, also vielleicht die Schiffe zuweilen warten müssen, bis das Baggerschiff aus der Mitte des Kanales nach einer Seite gekommen ist, auch neben dem Bagger zwei Schiffe sich nicht vorbeifahren können, und der Schiffszug wegen Ueberführung der Leine etwas verzögert wird, so sind doch solche Behinderungen ganz unbedeutend im Vergleiche zu der Störung des Verkehrs, welche beim Ablassen des Kanales eintritt. Demnächst ist der Transport der ausgebagerten Erde, wenn man diese nicht unmittelbar daneben ablagern kann, auch viel wohlfeiler, wenn er zu Schiffe geschieht, und endlich pflegen die Ufer, besonders wenn sie sumpfig sind, beim plötzlichen Ablassen des Wassers übermässig zu leiden und einzustürzen. Aus diesen Gründen ist es in vielen Fällen sehr vortheilhaft, die nöthigen Räumungen durch Baggermaschinen bewirken zu lassen und dabei den Kanal gefüllt zu erhalten.

### §. 125.

#### **Einschnitte und Dammschüttungen.**

Eine viel grössere Bedeutung gewinnen die Erdarbeiten an einem Kanale, wenn das Terrain hoch über oder tief unter dem Wasserspiegel liegt, und daher tiefe Einschnitte oder hohe Dammschüttungen nothwendig werden. Man pflegt alsdann nicht nur

besondere Anlagen für einen wohlfeileren Transport der zu sorgen, sondern führt gemeinhin auch die Schüttungen anderer Weise aus, und es ist mehrfach vorgeschlagen worden, die Ausgrabungen durch besondere Maschinen zu bewirken. Indess vermindert sich bei zunehmender Höhe der Dossirung und zwar eben sowohl bei Abgrabungen, wie bei Aufschüttungen, auch die Sicherheit derselben. Neigungen, die für geringere Höhen ausreichend sind, genügen nicht mehr zur Erhaltung Gleichgewichtes, sobald die Böschungen sich hoch erheben, sehr kommen diese durch den Einfluss der unterirdischen Wasser und Quellen zuweilen in Bewegung, und alle Mittel der Art müssen aufgeboten werden, um dem Vortreiben der Ufer dem vollständigen Verschütten der Einschnitte zu begegnen. Die Erdstürze sind namentlich durch Eisenbahn-Anlagen vielveranlasst, sie kommen indessen auch bei Kanalbauten in jeder Art vor.

Wenn die Einschnitte, wie häufig der Fall ist, im Felsen ausgehoben werden, so geschieht dieses zuweilen bei sehr verschiedenen Gebirgsarten durch blosses Abhauen oder Abschröten. In manchem geschichteten und gleichfalls sehr weichen Gestein geht es auch, einzelne Lagen mit Brechstangen oder Hebeln zu heben und abzubrechen. Der gewöhnliche Fall ist es indessen, dass der Felsen so hart und fest ist, dass diese Mittel sich als erfolglos, oder wenigstens bei der beabsichtigten Beschleunigung des Baues als ungenügend erweisen. Man muss alsdann Sprengen mittelst Pulver übergehen. Hierüber ist bereits (§. 93) ausführlich die Rede gewesen. Es leuchtet aber, dass die Arbeit, sobald sie nicht unter Wasser vorgenommen wird, sich um Vieles erleichtert, und manche Schwierigkeiten, oben erwähnt sind, in diesem Falle gar nicht eintreten.

Sind dagegen die Einschnitte in aufgeschwemmtem Boden, also in verschiedenen Erdarten, oder auch wohl in Kies, losem Steingerölle auszuführen, so geschieht dieses durch ähnliches Abgraben. Man hat freilich vorgeschlagen, die Arbeit, welche in diesem Falle überaus ausgedehnt ist, durch Maschinen zu ersetzen, und es ist nicht undenkbar, dass eine solche Anordnung in denjenigen Fällen vortheilhaft sein würde, wo das Tagelohn sich sehr hoch stellt, und vielleicht die



erforderliche Anzahl von Arbeitern gar nicht zu beschaffen ist. Dagegen sind die sehr grossen Schwierigkeiten in der Aufstellung und dem Betriebe solcher Maschinen nicht zu verkennen, und es muss bezweifelt werden, dass man diese bereits überwunden habe. Es mag daher genügen, die Idee, welche verschiedentlich verfaßt ist, hier im Allgemeinen anzudeuten. Man führt eine Eisenbahn gegen die Anhöhe, worin der Einschnitt dargestellt werden soll, und zwar in der Art, dass die Bahn in der beabsichtigten Sohle des Einschnittes liegt. Auf einem grossen Wagen, der auf dieser Eisenbahn steht, befindet sich eine Dampfmaschine mit derjenigen Vorrichtung, welche die Grabenarbeit ausführen soll. Letztere stimmt nahe mit einer Baggermaschine überein und greift vor sich den Boden an. Es ist entweder ein einzelner grosser Schaufel oder Eimer, der in die Erde gestossen und nachdem er sich gefüllt hat, wieder gehoben wird, oder eine Reihe von Eimern befinden sich an einer Kette ohne Ende, nach wohl am Umfange eines Rades, die aber sämmtlich in ähnlicher Weise wie jener einzelne Eimer, wirken. Sie lösen nicht nur das Material, sondern heben es auch, und entleeren sich entweder unmittelbar oder mittelst andrer mechanischen Vorrichtungen in einen zur Seite, oder hinter der Dampfmaschine stehenden Eisenbahnwagen, auf welchem das gewonnene Material fortgeschafft wird.

Man bemerkt leicht, welche Schwierigkeiten hierbei eintreten. Fürs Erste arbeitet die Maschine stets an der Sohle des Einschnittes, also am Fusse der steil davor anstehenden Dossirung. Im regelmässigen Betriebe kann sie nur erhalten werden, wenn immer so viel Erde nachstürzt, als die Maschine fortschafft. Von selbst geschieht dieses gleichmässige Nachstürzen gewiss nicht; es müssen daher Arbeiter angestellt sein, welche das Herabfallen der Erde regeln, indem sie nachhelfen, wo es Noth thut. Dieses lässt sich aber wohl kaum in andrer Weise bewirken, als dass die Dossirung sehr flach gehalten und die Erde durch die Arbeiter herabgeworfen wird. Andrenfalls müsste man den Einsturz grosser Massen besorgen, wodurch die Maschine verschüttet würde, denn keine Böschung, die am Fusse abgestochen wird, erhält sich dauernd in einer gleichmässigen Dossirung. Sie nimmt vielmehr nach und nach eine steilere Neigung an, die aber plötzlich in Bewegung kommt und dadurch das Herabfallen sehr grosser



Massen veranlasst. Es folgt hieraus, dass ohne sehr bedeutende Unterstützung durch Handarbeit die Maschine nicht im Betriebe erhalten werden kann. Aber selbst hierdurch werden kaum Zufälligkeiten zu vermeiden sein, welche die Maschine in augenscheinliche Gefahr versetzen und wenigstens die Arbeit auf lange Zeit unterbrechen.

Die Anordnung ist auch insofern ganz unangemessen und widerspricht einer rationellen Mechanik, als man die Erde ohne Nutzen aus der Höhe in die Tiefe stürzt, ohne von der dabei zu gewinnenden lebendigen Kraft Gebrauch zu machen. Aus Vorstehendem ergibt es sich sogar, dass die Erde nicht einmal von selbst herabfällt, vielmehr schon Menschenkraft dazu angewendet werden muss. Wenn die Erde vielleicht zur Bildung einer Dammschüttung in geringer Entfernung benutzt wird, so ist dieser Verlust der lebendigen Kraft weniger erheblich, aber oft sind die Einschnitte so lang, dass es vortheilhafter ist, die abgegrabene Erde seitwärts abzulagern. In diesem Falle ist die Unzweckmässigkeit der Anordnung besonders augenfällig; man stürzt die Erde zuerst in grosse Tiefe herab und hebt sie später wieder herauf.

Endlich ist das Vorscheiben der Wagen, welche die gelöste Erde aufnehmen, überaus unbequem und bedingt eine sehr häufige Unterbrechung der Arbeit. Mag der Wagen auf einem zweiten Geleise zur Seite, oder auf demselben Geleise, wie die Maschine und zwar hinter dieser stehn, ein schnelles Fortschieben des gefüllten Wagens, und gleichzeitiges Vorscheiben des leeren ist nach allen bisher bekannten Methoden des Eisenbahnbaues nicht ausführbar, insofern die Wagen am Ende der Bahn beladen werden.

Wiewohl die beschriebene Maschine augenscheinlich einer Baggermaschine nachgebildet ist, so ist diese doch frei von allen erwähnten Uebelständen, weil das Schiff, welches die Baggermaschine trägt, und eben so auch diejenigen, in welchen die Erde fortgefahren wird, an jede beliebige Stelle mit Leichtigkeit gebracht und beliebig vor- und zurück und seitwärts bewegt werden können. Man geht mit der Baggermaschine wiederholentlich über eine hohe Erdbablagerung fort, die man beseitigen will. Die Erde braucht nicht vor die Maschine geworfen zu werden, die Maschine rückt vielmehr selbst vor, und greift die Erde in ihrer

natürlichen Ablagerung an. Ein Herabstürzen der Erde bis zu grossen Tiefe findet sonach nicht statt, und es wird die Kräfte erspart, welche erforderlich wäre, um sie eben so hoch wieder zu heben. Endlich können die Schiffe, welche die gehobene Erde aufnehmen, abgesehen von ihrer weit grösseren Tragfähigkeit, auch ohne gegenseitige Störung sogleich vorgeschoben werden.

Was die Transporte der Erde oder des gelösten Gesteines betrifft, so muss man zwei Fälle unterscheiden, die wesentlich verschiedene Einrichtungen erfordern. Es wird nämlich entweder der Abtrag aus einem tiefen Einschnitte zu Dammschüttungen oder Auffüllungen in der Nähe verbraucht, so dass die Transporte auf horizontalem, oder auch wohl auf etwas geneigtem Wege erfolgen. Andererseits aber ist sehr oft eine solche Ausgleichung des Auf- und Abtrages nicht ausführbar, weil man den Kanal überhaupt nicht zu hoch über den Boden legen mag, oder aber die Entfernungen auch zu gross werden, und es wohlfeiler ist, den Abtrag in der Nähe abzusetzen und den Auftrag wieder aus den Umgebungen des aufzuschüttenden Dammes zu entnehmen.

Im ersten Falle empfiehlt sich allerdings die Anwendung von Eisenbahnen, und oft kann man denselben ein solches Gefälle geben, dass die beladenen Wagen von selbst herablaufen. Sie bewegen sich in der Richtung des zu schüttenden Dammes. Der vordere Wagen stürzt seinen Inhalt nach vorn, also auf den Kopfe des Dammes aus, die folgenden entleeren sich seitwärts, verstärken also die Dossirungen, und man sorgt auch wohl durch Anbringung leichter Rüstungen dafür, dass die ersten Wagen sogar vor der Kopfböschung des Dammes treten. Abgesehen von den Uebelständen, welche solche Schüttungen besonders für eine Kanal-Anlage herbeiführen, wobei nämlich die ganz lose Ablagerung sehr starke Filtrationen besorgen lässt, entsteht hierbei auch die Frage, in welcher Weise man die Eisenbahnwagen mit der Erde des Einschnittes füllen soll. Dabei ist es natürlich von grosser Wichtigkeit, die kleinern Zwischentransporte, so wie auch das Umladen möglichst zu umgehen. Man kann allerdings, wenn der Einschnitt noch sehr steile Wände hat und sehr enge ist, zur Darstellung der erforderlichen Dossirungen die Erde von der Seite abstechen und unmittelbar in die Wagen werfen. Aber auch dieses Verfahren verbietet sich, sobald der horizontale Ab-

und grösser wird, und man nur durch mehrfaches Vorwerfen und Wiederaufheben der Erde den Wagen erreicht. Die Arbeit sonach auch die Kosten werden hierdurch sehr vermehrt, es ist für mässige Entfernungen schon vortheilhafter, die Erde zunächst in Handkarren zu laden, und sie in diesen auf Rüstungen zu die Eisenbahnwagen zu führen und darin zu verstürzen. Diese solche Anordnung wird häufig gewählt, aber es leuchtet ein, dass dabei der Nutzen des Eisenbahn-Transportes schon zum Theil aufgehoben wird, indem das Zuführen der Erde in Karren sich schwierig ist und sich noch dadurch vertheuert, dass die Karren mehrere Fuss hoch höher heraufschieben muss, die Erde in die Bahnwagen verladen wird.

Auf einer Abtheilung der Thüringer Bahn hatte man die Erdtransporte so eingerichtet, dass die Karren nicht in die Eisenbahnwagen entleert, sondern auf diese aufgeschoben, und bis zum Orte, wo die Verstärkung geschah, mitgeführt wurden. Dabei wurde freilich die Belastung des Eisenbahnwagens und zwar eben sowohl für die Hinfahrt, als für die Rückfahrt durch das Gewicht der Karren vermehrt. Letzteres war indessen durch die leichte Bauart und die zweckmässige Anordnung der Karren schon möglichst verringert, und indem der Transport auf der Eisenbahn vergleichungsweise zu dem auf dem natürlichen Boden, oder auf den Rüstungen sehr wenig Zugkraft erfordert, so hatte die geringe Vermehrung der Bruttolast auf ersterer auch keinen besonders merkbaren Einfluss. Dagegen wurde hierbei noch der bedeutende Vortheil erreicht, dass man die Erde von dem Eisenbahnwagen aus, oder von den am Kopfe des Dammes angebrachten Rüstungen, an jeder beliebigen Stelle verstürzen konnte. Die Karren, deren man sich hierbei bediente, waren mit zwei Rädern und einer kurzen Deichsel versehen. Sie luden 8 Kubikfuss Erde, und die auf dem Eisenbahnwagen angebrachte Tafel war so gross, dass achtzehn Karren darauf Platz hatten. Jeder Wagen transportierte also eine Schachtruthe Erde. Die Vergleichung mit anderen, unter denselben Verhältnissen und auf derselben Bahn gewählten Anordnungen ergab, dass diese Methode die wohlthätigste war.

Es entsteht dabei aber noch die Frage, ob es zweckmässig ist, zu den Erdtransporten dieselben schweren und breitspurigen

Wagen und dieselben Schienen zu benutzen, die später Eisenbahn angewendet werden. Man wählt sie zu diesem Zweck nur deshalb, um kein besonderes Material dafür anzuwenden zu dürfen, vielmehr Wagen und Schienen auch später zu können. Die Erfahrung hat indessen überall gezeigt, dass die Abnutzung beider bei der provisorischen Benutzung sehr gross ist, weil die Bahn alsdann nicht so regelmässig sicher, wie später dargestellt werden kann und beim Nachsinken der Dämme ihre Regelmässigkeit auch sehr verliert. Ausserdem laufen die Axen und deren Lager in viel Staub und Sande, der dazwischen fällt, so dass sie später nur mit grosser Vorsicht noch angewendet werden können. Der Vortheil einer solchen Anordnung ist daher keineswegs so gross, als man gewöhnlich glaubt und bei Kanalbauten verschwindet er vollständig. Wenn man aber die Wahl der Wagen und der davon abhängigen sonstigen Einrichtungen nicht beschränkt ist, so ist es gewiss von grosser Bedeutung, einen möglichst vollkommenen Betrieb auf der Eisenbahn einzuführen, als den Vortheil des Eisenbahnverkehrs möglichst weit auszudehnen. Dieses lässt sich aber nur bei der Anwendung leichterer Schienen und bei starker Verminderung der Lasten erreichen, und hieraus ergibt sich wieder, dass die Eisenbahnen kleiner und von geringerer Ladungsfähigkeit sein müssen. Gleiches gilt auch für die Kanäle, wenn man sie ohne grosse Mühe legen, und wenn man ihnen auch ein stärkeres Gefälle, als in der Richtung der Bewegung der Lasten giebt, so ist dies ohne Nachtheil, weil das Heraufziehen des leichten leeren Wagens wenig Mühe macht. Hierdurch wird es möglich, aus dem Einschnitte die ausgestochene Erde unmittelbar in die Eisenbahnwagen zu werfen, und sie ohne Umladung bis zu der Eisenbahn zu führen, wo sie wieder aus den Wagen unmittelbar auf die Eisenbahn für die Umladung des Dammes fällt.

Am häufigsten wiederholt sich bei Kanalbauten das, dass die in den Einschnitten gewonnene Erde keine andere Verwendung findet, und es also nur darauf ankommt, irgendwo abzulagern. Man wird hierzu eine Stelle anzuweisen, welche theils selbst wenig Werth hat, deren Ankauf daher grosse Kosten verursacht, die aber andrerseits auch nicht



ferat liegt, weil sonst die ausgedehnten Transporte die Beseitigung des Abtrages vertheuern würden. Wenn man in dieser Beziehung die Umgebungen untersucht, so findet man am häufigsten, es es besonders vorthailhaft ist, den gelösten Boden unmittelbar zur Seite des Einschnittes abzulagern, weil in der Regel Grundstücke hier am wenigsten nutzbar und daher am wohltheuersten sind. Ueberdiess sind die Transporte dabei auch am weitesten ausgedehnt: sie vertheuern sich freilich sehr bedeutend, bald der Einschnitt tiefer wird, weil alsdann die Höhe sich vergrössert, zu der die Erde gehoben werden muss. Man darf dabei nicht vergessen, dass wegen der beiderseitigen Dossirungen, oft ziemlich flach angenommen werden müssen, gerade die ersten Schichten das meiste Material liefern und für dieses die Dammhöhe noch sehr mässig bleibt. Hiernach wird beinahe in allen Fällen, wo das gewonnene Material nicht etwa zu Dammschüttungen benutzt wird, dasselbe wenigstens Anfangs am zweckmässigsten zur Seite der Einschnitte abgelagert werden. Oft geschieht es aber auch, dass man, nachdem die erforderlichen Einrichtungen zum Heben der Erde getroffen sind, dasselbe Verfahren auch für die untern Schichten beibehält, oder das gesammte Material des Einschnittes zur Seite desselben aufwirft.

Hiernach wiederholt sich sehr häufig die Aufgabe, die gelöste Erde- oder Steinmasse zu heben, und dieses kann auf verschiedene Art geschehn, indem entweder die Erde schon in Karren geladen, oder sie unmittelbar in die Fördermaschine geworfen wird. Wenn man keine besondern mechanischen Vorrichtungen besitzt, und nur Menschenkraft benutzt, so werden gewöhnlich Erdkarren einzeln durch die Arbeiter hinaufgeschoben. Solche Anordnung ist aber sehr unzweckmässig und kostbar, nicht nur weil die Menschenkraft unter allen Umständen theurer, als andre Triebkräfte ist, sondern vorzugsweise, weil sie in diesem Falle sehr grossentheils unnütz verwendet wird. Es kommt nur darauf an, die Erde, also den Inhalt der Karre heraufzuschaffen: um dieses zu thun, muss aber der Arbeiter auch die Karre und sogar sich selbst herauf bewegen. Ganz unabhängig hiervon erfolgt das Herabschieben der leeren Karre und selbst dieses erfordert einen neuen Kraftaufwand. Diese Anordnung des Transportes ist daher höchst unzweckmässig, und rechtfertigt sich nur,



wenn der Fall sich nicht oft wiederholt, und sonach die einer bessern Einrichtung sich nicht bezahlt machen würde, der Gebrauch derselben nicht ausgedehnt genug ist.

Bei bedeutenden Ausgrabungen ist es daher vortheilhaft, andre Einrichtung zu wählen. Nichts desto weniger wird dieses häufig, und man begnügt sich damit, wenigstens eine Erleichterung dadurch herbeizuführen, dass jeder Arbeiter die nur so weit schiebt, als dieses ohne Erschöpfung seiner geschehn kann. Man ordnet also gewisse Stationen an, an welchen die Arbeiter sich abwechseln. Jeder derselben bewegt nur zwischen den beiden Endpunkten seiner Station. Die eine Karre, welche von seinem Nachbar ihm gebracht wird, er bis zum obern Endpunkte herauf, und übergiebt sie dem andern Nachbar. Dafür empfängt er von diesem eine leere, die er in gleicher Weise am untern Endpunkte wieder gegen eine volle vertauscht. Man bemerkt leicht, dass die bezeichneten hierdurch keineswegs beseitigt werden, die Arbeit wird unregelmässiger und es werden die willkürlichen Pausen zum Nachtheil neuer Kräfte vermieden, die, wenn sie dem Belieben jedes Einzelnen überlassen sind, übermässig lange ausgedehnt zu werden pflegen. Noch wäre hier darauf aufmerksam zu machen, dass aus demselben Grunde auch vortheilhaft ist, nicht einzelne sondern ganze Reihen derselben in Bewegung zu setzen, und ausserdem auch noch den Störungen beim Begegnen vorzubeugen wird. Die Arbeiter sind, wenn sie in Accord bezahlt werden, stets sehr geneigt, diese Einrichtung zu treffen, weil sie sich selbst überzeugen können, dass jeder Einzelne gleich seine Schuldigkeit thut. Die Karren stehn neben der Stelle, die Grabenarbeit stattfindet, in einer Reihe hinter einander, alle werden gleichzeitig und gleichmässig beladen. Sobald dies geschehn ist, werden sie gleichmässig in Bewegung gesetzt, bis zur ersten Station geschoben. Hier begegnet dem Zug von oben herabkommender Zug leerer Karren, und die Arbeiter wechseln die Züge, so dass jeder, der eine volle heraufgeschoben hatte, eine leere herabschiebt und umgekehrt. In gleicher erfolgt der Wechsel auf allen Stationen, und derselbe Aufbruch der beim Beladen der Karren stattfindet, wiederholt sich und bildet die nöthige Unterbrechung zum Ausruhen.

In England, wo das Arbeitslohn sehr theuer ist, wird die Arbeitskraft nicht leicht in solcher Art benutzt, man vermeidet meistens eine Verschwendung derselben und unterstützt sie ausserdem durch andre weniger kostbare Kräfte. Beim Bau des neuen Parlamentshauses in London sah ich die Erde aus den Fundamenten etwa 25 Fuss hoch mit Karren heraufschieben, aber dabei zwischen einem Theile eine Ausgleichung zwischen dem heraufsteigenden und herabgehenden Arbeiter und deren Karren durch eine Rolle geschlungene Kette dargestellt, und andern Theile die vor die herabgehende Karre auch jedesmal noch ein Pferd kommt. Die Brücken, auf welchen die Karren geschoben wurden, hatten nahe eine Neigung von 45 Graden gegen den Horizont, waren also so steil, dass man darauf ohne Unterstützung einmal gehn konnte. Die Kette hatte solche Länge, dass wenn eine Karre herauf geschoben war, und sich bereits der obern horizontalen Fortsetzung befand, dennoch ihr Ende auf den Fuss der geneigten Ebene herabhing. Ausserdem waren die Ketten, wo sie an die Karren befestigt wurden, gegliedert, und mit Ringen versehen, in welche die Arme der Karre einpassten. Hinter dem Arbeiter vereinigten sich wieder die Kettenstränge, so dass derselbe von diesen ganz eingeschlossen war. Die Karren mussten hiernach jederzeit so gestellt werden, dass die Räder aufwärts gekehrt waren, die Arbeiter konnten sich dagegen sowohl beim Aufgange, als beim Abgange in die Richtung ihrer Bewegung. Beide Arbeiter beugten sich meistens sehr stark über, so dass ihre Körper fast normal gegen die geneigte Ebene gerichtet waren. Dieses musste auch wohl seyn, weil sie sonst herabgeglitten wären. Auf solche Art konnte aber der Arbeiter, welcher der beladenen Karre folgte, nicht nur gar nichts zu deren Hebung beitragen, er musste vielmehr sogar selbst durch sie heraufgezogen werden. Sein Gewicht wurde indessen durch das des andern Arbeiters vollständig aufgehoben, der sich in gleicher Weise an der herabgehenden Karre an musste, und diese daher eben so stark herabzog. Das an der letzten Karre und zwar am Fusse der geneigten Ebene genannte Pferd hatte, nach seiner Bewegung zu schliessen, keinen bedeutenden Zug auszuüben, während die Arbeiter in der beschriebenen Weise im raschen Schritte herauf- und herabgingen.

Sobald sie die geneigten Ebenen zurückgelegt hatten, auf horizontalem Boden befanden, wurden die Karren und statt der beladenen jedesmal eine leere, sowie am Ebene statt der leeren eine beladene in die Ketten. Gleichzeitig löste der Treiber das Pferd von der Kette, bisher gespannt war, führte es zurück und spannte eine andre Kette, worauf die Förderung in gleicher Weise erfolgte. Dass die Arbeiter hierbei die Karren immer herab begleiteten, war nur deshalb nothwendig, weil man leichte Erdkarren mit einem Rade gewählt hatte, Unterstützung nicht fahren konnten. Man kann diesen Karren leicht vermeiden, und dadurch ohne Zweifel bedeutend erleichtern, aber gewiss verdiente diese Anordnung ihrer grossen Einfachheit hier nicht übergangen zu werden. Ihre Darstellung fast gar keine Anlagekosten erfordert, Inventarium jeder grössern Baustelle Alles liefert, nöthig ist.

Zweirädrige Wagen oder Karren, wie man häufig bei Erdtransporten anwendet, lassen sich leicht, ein Arbeiter sie begleitet, einen steilen Abhang heraufführen. Eine Anordnung dieser Art ist vor einigen Jahren in England patentirt worden, die recht zweckmässig ist. Der Karren, auf zwei Rädern ruhend, ist auf der Seite der Deichsel oder beiden Deichseln entgegengesetzt ist, an passend geformten Haken versehen, der leicht und sich in die Kette ohne Ende eingreift. Diese Kette wird durch eine Maschine in Bewegung gesetzt, so dass sie in angemessener Höhe über der Fahrbahn ansteigt, auf der die Wagen heraufgeführt werden. Der volle Wagen wird am Fusse der Dossirung gegen den aufsteigenden Kettenstrang geschoben, und indem man den Haken greifen lässt, sogleich gefasst und von der Kette heraufgezogen. Durch eine leichte Bewegung wird der Haken wieder losgelassen, sobald der Wagen angestiegen ist. Auf gleiche Weise werden die Wagen auch herabgehn, wenn man es nicht vorzieht, sondern Bahnen von selbst hinunterlaufen zu lassen. Die Kette ohne Ende nur eine geringe Geschwindigkeit

\*) *Civil Engineer and Architect's Journal*, 1846. pag.

das Befestigen und Lösen des Hakens keine Schwierigkeit machen, auch immer ganz sicher erfolgen.

Endlich mag hier noch eine Vorrichtung beschrieben werden, die die Erde unmittelbar von einer Kette ohne Ende genommen, also das Heben der Wagen oder Karren vermieden wird.

Diese Maschine wurde bei Ausführung der zum Theil sehr tiefen Einschnitte, welche der Main-Donau-Kanal in der Scheitelstrecke folgt, mehrfach benutzt. Dabei kamen manche Modificationen, die zum Theil durch das verschiedenartige Material bedingt waren, das bald aus einem losen aufgeschwemmten Boden, und bald aus den gelösten, grössern und kleinern Steinstücken bestand. Die Anordnung der Maschine rührte vom Baumeister Hartmann her, doch hat der Maschinenbauer Späth in Nürnberg manche Verbesserungen darin eingeführt.

Den wesentlichsten Theil der ganzen Vorrichtung bildete eine Kette ohne Ende, die in geringer Höhe sich quer über die Sohle des Einschnittes hinzog und die Dossirung hinaanstieg. Der heraufgehende Theil bewegte sich zuweilen auf einer starken Unterlage horizontal, und senkte sich alsdann lothrecht, zuweilen auch er sich aber auch unter der heraufgehenden Kette. Letzteres war der Fall, wenn statt der Kasten, die Kette mit einem Wagen versehen war. Ein Pferdegepöpel auf der Höhe des natürlichen Terrains aufgestellt, erhielt die Kette in ununterbrochener Bewegung, und zwar betrug ihre Geschwindigkeit etwa 6 Zoll in einer Secunde.

Die Kette bestand jedesmal aus zwei Strängen, die ungefähr 10 Fuss von einander entfernt waren. Jeder Strang wurde durch einen von nahe 2 Fuss Länge gebildet, die an ihren Enden aneinander griffen und durch Axen verbunden waren. Diese Axen liefen sich von dem einen Kettenstrange bis zum andern fort, bildeten also den gegenseitigen Abstand derselben. Die Verbindung hatte sonach von oben gesehen die Gestalt einer Leiter, und jede Sprosse war eine Axe, um welche die Kette sich biegen konnte. Die Walzen, um welche die Kette geschlungen war, waren so geformt, dass ein regelmässiges und sicheres Auflegen erfolgte \*).

Diese Anordnung ist dieselbe, die bei Baggermaschinen sich wiederholt, und die im folgenden Theile dieses Werkes beschrieben werden wird.



Ausserdem wurden die beiden Stränge auch noch durch Leisten unterstützt, damit sie nicht zu stark durchsacken und sich dem Boden schleifen möchten.

Zur Aufnahme des Materials dienten, wenn Steine zu gross waren, Kasten, die jedesmal durch je zwei der erwähnten Ketten an die Kette befestigt waren. Die Anzahl der Kasten war so gross, als die der Axen, oder jede der letztern trug ein solches Kastensystem. Die Kasten bildeten dreiseitige Prismen, die man sie von der Seite, und zwar während sie die Dossirung anstiegen, so zeigten sie sich als rechtwinklige Dreiecke, deren Hypotenuse der Dossirung ungefähr parallel, und deren Katheten horizontal und vertikal gerichtet waren. In der längeren der horizontalen Kathete befand sich die Oeffnung, in welche die Steine hineinwarf, die lothrechte Kathete war dagegen eine bewegliche Klappe geschlossen, die sich um eine Achse drehen konnte. Diese Achse war in dem rechten Winkel des Dreiecks angebracht, während ein Haken die Klappe gegen den Boden oder die Hypotenuse festhielt. Der Haken war so gestaltet, dass er sich leicht aufschlagen liess, sobald man den Kasten entleeren wollte. Dass die untere Fläche des Kastens (in der Richtung der Hypotenuse) und eben so auch die beiden Seitenflächen fest, mit einander verbundenen Wänden bestanden, bedarf keiner Erwähnung.

Indem nun diese Reihe von Kasten sich ununterbrochen über die Sohle des Einschnittes und über die Dossirung bewegten, und zwar möglichst nahe am Ende des Einschnittes, warfen die hier mit dem Lösen des Gesteins beschäftigten Arbeiter sowohl grössere als kleinere Stücke, die sie abgegraben hatten, in diejenigen Kasten, die ihnen gerade am nächsten waren. Die Kette erreichte aber nicht nur den obern Rand der Dossirung, sondern trat noch über diesen heraus, und überragte hier für den weitem Transport eingerichtete Eisenbahn. Letztere befand sich die von dem Göpel bewegte horizontale Trommel, welche die ganze Kette in Bewegung setzte. Sobald ein Arbeiter auf diese Trommel trat, und dabei eine stärkere Neigung annahm, so schlug ein Arbeiter den Haken los, der die Kette bisher in ihrer Stellung gehalten hatte; sie öffnete sich und liess den Inhalt des Kastens in den darunter stehenden Eisenbahnwagen fallen.



Der entleerte Kasten bewegte sich alsdann horizontal bis den Fuss der gegenüberliegenden Dossirung. Hier ging er über eine Trommel, die ihn lothrecht herabführte, und in der er dabei selbst eine lothrechte Stellung annahm, so schlug auch die Klappe wieder zurück, und der Haken, durch Feder unterstützt, fasste sie, so dass sie auch bei der spätern Senkung des Kastens sich von selbst nicht öffnen konnte.

Bei der andern, für loses Material bestimmten Einrichtung waren die Kästen. Die Kette, genau in derselben Weise zusammengefasst, aber in andrer Art über die Walzen gezogen, war der äussern Fläche mit einem Laken ohne Ende überzogen. Der aufgehende Theil der Kette, der vom Laken überzogen wurde, befand sich etwa 3 Fuss über der Sohle des Einschnittes und über der Dossirung. Der herabgehende Theil lag gegen unmittelbar darunter und die Betriebswalze befand sich über der Eisenbahn. Indem das Laken, aus starkem Leinwand bestehend, an beiden Kettensträngen befestigt war, so dass es zwischen je zwei Axen der Kette eine flache Vertiefung, die Arbeiter, welche die Erde mit Spaten abstachen, brauchten selbe nur so zu werfen, dass sie auf das Laken traf, sie fiel dann schon von selbst in die erwähnten Vertiefungen. Auf diese Art war das Aufwerfen viel sicherer und bequemer, als wenn jedesmal ein Kasten hätte getroffen werden müssen. Auch beim Aufsteigen über der Dossirung blieb die Erde in den erwähnten Vertiefungen oder Säcken liegen, doch stürzte sie heraus, sobald beim Uebergange über die obere Walze die Richtung sich änderte. Um ein zu starkes Zerstreuen der Erde zu verhindern, stand sich unter dieser Walze ein hölzerner Trichter, der das abgeworfene Material sicher in den darunter stehenden Wagen auswarf.

Die ganze Maschine war auf leichte Rüstungen aufgestellt, so dass sie in gleichem Maasse, wie die Aushebung des Durchstosses, fortschritt, auch ohne Mühe immer nachgeschoben werden konnte. Ausserdem war es nicht nothwendig, sie beim Beginne der Arbeit, sogleich bis zur vollen Tiefe herabzustellen, wodurch die Länge der Kette sehr vergrössert und überdiess die Nothwendigkeit herbeigeführt worden wäre, alles im Einschnitte gelöst und bis zur Sohle desselben herabzustürzen, um es von hier

mit grossem Kraftaufwande wieder zu heben. Man gab dem Einschnitte nur nach und nach seine Tiefe, indem wesentlich die beschriebene Maschine hindurchgeführt wurde, in den Dossirungen gelöste Material konnte jederzeit in den Eimer oder Säcke geworfen werden, die sich bereits in der Höhe befanden, und sonach wurde die Hubhöhe und die erforderliche Kraft auf das geringste Maass zurückgeführt. Die ganze Anordnung der Maschine war sehr überlegt und unserer Umsicht getroffen worden, und möchte ohne Zweifel erkennbare Vorzüge vor den oben erwähnten, in Amerika und reich erfundenen Maschinen haben, welche nur an der Seidurchstiche die Erde aufheben und auf die Eisenbahn werfen.

Dass man bei Ausführung tiefer Einschnitte sehr vorsichtig zu Werke gehn muss, um das Einstürzen der Dossirungen zu verhindern, ist bereits erwähnt. Im Allgemeinen ist die Gefahr in dieser Beziehung immer um so grösser, je höher die Dossirung sich erhebt. Der Grund davon ist zum Theil die zunehmende Wahrscheinlichkeit zu suchen, dass irgend eine Bruchfläche im Boden bestehe, die das Herabgleiten des Theils veranlassen, oder doch befördern kann. Demnach mindert sich der Einfluss der Cohäsion, der einer Zertheilung kleinerer Massen sehr sicher vorbeugt, sobald es sich um die Erhaltung des Gleichgewichts von grössern Massen handelt. Cohäsion ist nämlich der Bruchfläche proportional, steht aber jedem Profile im Verhältniss zur Höhe, wogegen das Gewicht gelösten Theiles dem Quadrate der Höhe entspricht. Es kommt die durch den höhern Druck verstärkte Wirkung des Wassers in Betracht, und endlich ist der Schaden ohne Vergleich grösser und von viel nachhaltigerem Einflusse, wenn eine Dossirung einstürzt, als wenn dieses bei einem niedrigen geschieht.

Aus diesen Gründen erscheint es nicht angemessen, zu weilen geschehn ist, für die verschiedenen Bodenarten die steilsten Böschungen nach vorhandenen Beispielen zu stellen, und die so gefundenen Resultate als allgemeine gültige geltend aufzustellen.

Der Einfluss der grössern Höhe ergibt sich noch aus einer andern einfachen Betrachtung. Jedes Baumaterial, wie fest es auch sein mag, trägt sich nämlich bei prismatischer Aufmauerung nur bis zu einer gewissen Höhe, die seiner rückwirkenden Festigkeit entspricht. Sobald man der Mauer eine grössere Höhe giebt, werden die untern Schichten zerdrückt und die Mauer stürzt ab. Bei einem Einschnitte in festem, dichtem Felsen, der für geringe Höhen gar keiner Böschung bedarf, würde augenscheinlich das Gleiche erfolgen, wenn man ihn bis zu grosser Höhe senkrecht durchschneiden wollte. In der Wirklichkeit geschieht dieses freilich nicht, aber dafür ist die Festigkeit des Gesteins wenigstens in mehreren Schichten oft auch sehr geringe, so dass sie dem Drucke der Dossirung nicht Widerstand leisten können, während sie eine reichende Tragfähigkeit besaßen, als der Druck sich noch auf die Masse übertrug, die früher den Einschnitt füllte.

Am geringsten ist die Gefahr, wenn der Einschnitt in einer zusammenhängenden Felsmasse dargestellt wird. Man giebt der Böschung alsdann nur eine geringe Anlage, die zuweilen noch nicht der halben Höhe gleichkommt. Wenn indessen die ganze Masse auch fest verbunden, und eine Trennung derselben im Innern, oder das Lösen einzelner Theile ganz undenkbar ist, so ist dennoch zu untersuchen, ob die entblösste Felswand dem Einflusse der Witterung Widerstand leisten wird. Es geschieht nicht selten, dass ein Gestein, in welchem die Bergfeuchtigkeit noch eingeschlossen ist, einen sehr innigen Zusammenhang hat, und so fest ist, dass man durch Sprengen mit Pulver nur kleine Massen davon lösen kann. Sobald es aber der Witterung ausgesetzt, bald trocken, bald nass wird, und in diesem Zustande auch den Einfluss des Frostes erfährt, so nimmt häufig

die Oberfläche ein ganz anderes Ansehn an, und es lösen sich nicht nur kleine Brocken, sondern es bilden sich auch tief eindringende Risse, die zur Trennung grösserer Massen Veranlassung geben. Dieser Fall ereignet sich oft in manchen Kalksteinen, in Grauwacke, im Sandsteine und andern Gebirgsarten. Die Folge davon ist aber, dass sich von selbst eine flache Dossirung bildet, die sich immer weiter ausdehnt, bis sie endlich so wenig geneigt ist, dass die gelösten Theile nicht mehr herabfallen. Bei Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

manchen Französischen Kanälen hat man in dieser Weise untrüglich sehr bedeutende Aenderungen einführen müssen.

Um solchem Missgriffe vorzubeugen, ist es am passendsten, vor der Ausführung der Sprengungsarbeiten, in der Richtung des Einschnittes, Schachte, oder wenigstens Bohrlöcher herabzutreiben, und das dabei gewonnene Material frei liegend der Witterung und wo möglich auch dem Froste auszusetzen, und vergleichungsweise gegen einzelne Stücke, die man im früheren Zustande erhalten sucht, die Abnahme der Festigkeit zu beobachten.

Dass bei weichem Gesteine, oder solchem, das leicht verwittert und zerklüftet, wenn es beim Abbrechen auch einige Festigkeit zeigen sollte, noch grössere Vorsicht nöthig ist, um das Hineindringen des Wassers möglichst zu verhindern, bedarf keiner Erwähnung. Man giebt demselben nicht nur eine solche Dossirung, dass die gelösten Brocken darauf ziemlich sicher liegen, sondern ausserdem bringt man darauf auch noch Balken an, um die herabfallenden Massen aufzufangen. Diese Balken erhalten aber sowohl nach der Länge, als nach der Quere nach der Neigung, und zwar letztere der Bergseite zugekehrt. Sie können aladann um so sicherer den benannten Zweck erfüllen und antworten auch noch als flache Gräben zur Abführung des Wassers dienen.

Bei geschichtetem Gestein, und namentlich beim Thonschiefer, muss man auf die Neigung der Schichten sehr aufmerksam sein, denn wenn dieselben nach dem Einschnitte abfallen, verwandelt sich leicht die schon vorhandene Fuge in die Bruchfuge und die ganze darauf ruhende Steinmasse gleitet herab. Der Thon, welcher sich gemeinhin ziemlich rein in den Fugen des Thonschiefers abgesetzt hat, wirkt, wenn Wasser hinzutritt und ihn erweicht, sogar wie eine Schmiere, wodurch die Bewegung noch befördert wird. Dergleichen Bergstürze kommen nicht selten vor, und sind zum Theil durch Strassen-Anlagen u. dergl. veranlasst worden, wobei der Fass einzelner Schichten und auf diesem die natürliche Unterstützung derselben entfernt war. Man wird also, wenn die Schichten in einer Richtung stark geneigt sind, die ungefähr normal gegen die des Einschnittes ist, dergleichen Dossirung, in welcher die Schichten abfallend austreten, eine so flach, wie die Neigung der Schichten, anlegen müssen, während



entgegengesetzte, in welcher die Köpfe der Schichten zu Tage kommen, viel steiler gehalten werden kann. Solche Ungleichheit der beiderseitigen Böschungen findet man in engen Gräben sehr häufig; sie ist also durchaus naturgemäss, oder die Böschungen sind erst zum dauernden Gleichgewichte gekommen, indem die am Fusse durchbrochenen Schichten herabgestürzt sind. Wenn dagegen die Schichten nur flach geneigt sind, aber nach dem Einschnitte abfallen, so muss man auf andere Mittel, einem möglichen Absturze vorzubeugen suchen. Hierzu kann zum Theil starke Futtermauern, oder auch wohl nur ein Strebebfeiler; vor Allem ist es aber nöthig, den Eintritt des Wassers in die Fugen zu verhindern, denn wenn dieses den darin befindlichen Thon erweicht, so kann selbst bei sehr geringer Neigung die Bewegung eintreten. Dabei ist noch zu bemerken, dass die Bemerkungen gewöhnlich nicht sogleich erfolgen, vielmehr mehrere Jahre hindurch das Gleichgewicht besteht, und keine Veranlassung auf eine Gefahr schliessen lässt, während plötzlich namentlich nach anhaltendem Regen, oder beim Schmelzen der Schneemassen, die Böschungen herabgleiten und einstürzen. Dieser Umstand zeigt augenscheinlich, welchen grossen Einfluss auf diese Erscheinung das Wasser ausübt.

Ablagerungen von Kies und festen Steinbrocken lassen wenigstens eine Gefahr besorgen, indem die einzelnen Steine sich nicht sicher stützen und ausserdem auch das Wasser dazwischen einen leichten Abfluss findet. In ähnlicher Art verhält es sich auch mit dem reinen Sande, der zwar eine flache Böschung bilden kann, aber wenn nur diese Bedingung erfüllt ist, keine Bewegung annimmt. Das eindringende Wasser befeuchtet ihn zwar, bringt indessen mit Leichtigkeit weiter herab, und wo es an die äussere Dossirung zum Vorschein kommt, so geschieht dieses nicht in starken Adern oder Quellen, sondern es ist nur ein flaches Durchsickern, das keine Besorgniss erregt. Gelingt es nicht, die schräge Fläche noch zu bepflanzen, so wird selbst die Gefahr beseitigt, dass der äussere Sand vom Winde oder Wasser herabgetrieben werden möchte.

Dieses günstige Verhältniss besteht aber nur, wenn der Einschnitt aus reinem Sande besteht, oder wenn demselben ein geringer Thongehalt gleichmässig beigemengt ist. Befinden sich



aber in der Sandablagerung einzelne Thonschichten, wovon dieses sehr häufig geschieht (§. 7). so gehört der Boden zu den gefährlichsten, die es überhaupt giebt, weil häufig starke Quarze darin vorkommen. Das Wasser kann, indem es herabsinkt, in Thonschichten nicht durchdringen, sammelt sich also auf denselben an, fließt über sie fort, und wo es zu Tage tritt, verwascht es den darüber liegenden Sand in Trieb sand, den es in grossen Massen herausreisst. Diese Erfolge zeigen sich auch noch, wenn die Dossirungen sehr flach angenommen sind. Zu den Erdschürzen, die sich alsdann ereignen, trägt aber die Erweichung des Thones wahrscheinlich wesentlich bei, indem sie alle Bewegungen erleichtert. Man überzeugt sich auch, dass die Anbringung von Futtermauern, wenn sie nicht so stark sind, dass sie dem Druck der ganz mit Wasser angefüllten Erde Widerstand leisten können, wenig Vortheil versprechen. Indem aber das Wasser unter der Mauer fort sich einen Ausweg sucht, so gefährdet es noch in anderer Weise die Stabilität derselben. Wollte man unter solchen Verhältnissen, wo nämlich grosse Wassermassen vordringen, die Mauer mit Durchfluss-Oeffnungen versehen, so würde dadurch eine Menge Sand fortwährend mit herausgetrieben werden. Man pflegt allerdings dieses Mittel zuweilen anzuwenden, doch sucht man alsdann durch Steinschüttungen hinter der Mauer das Durchfließen des Sandes möglichst zu verhindern. Man legt auch häufig tiefe Gräben in die Dossirungen, und füllt diese mit Steinen an, um dem Wasser einen stets offenen Abfluss zu verschaffen. Dadurch dringen indessen zugleich mit dem Wasser grosse Sandmassen zwischen die Steine, und wenn diese daselbst auch anfangs eine sichere Ablagerung finden, so muss man bezweifeln, ob dieses Verhältniss immer bestehn kann, und ob nicht endlich der Sand von Neuem mit dem Wasser wieder austritt, oder, was noch wahrscheinlicher ist, dass zuletzt alle Zwischenräume zwischen den Steinen sich mit Sand angefüllt haben und das Wasser dadurch den Ausfluss verliert. Die wirksamsten Mittel, welche man unter solchen Verhältnissen anwenden kann, besteht zunächst darin, dass man das Wasser schon tief unter dem Boden abzufangen sucht, und sodann dass man das Eindringen des Wassers in den Boden verhindert. Durch zweckmässige Anordnung von Abzugsgräben lässt sich dieses in manchen Fällen erreichen, man hat auch

ische Brunnen zu diesen Zwecke vorgeschlagen. Jedenfalls ist es nöthig, das Terrain genau zu untersuchen, und zu prüfen, wo das Wasser vielleicht kommen mag, welches in den Dossungen des Einschnittes zu Tage tritt. Wo sich die Gelegenheit bietet, wird man das bei starkem Regen oder beim Schmelzen Schnees gesammelte Wasser in anderer Richtung abzuleiten suchen. In einzelnen Fällen zeigen sich freilich Erscheinungen, nur durch eigenthümliche Quellenbildungen veranlasst sein können. So geschieht es zuweilen, dass das Terrain, welches an die Dossirung anschliesst, ganz entschieden nach der entgegengesetzten Seite abfällt, und dennoch die Dossirung, die also einen schmalen Rücken bildet, immer von Neuem einstürzt. Das erste Mittel, die Quellen in der Tiefe abzufangen, hat man wiederholentlich angewendet. So wurden in die hohen Dossungen des Kanales von Charleroy, in Abständen von 64 Fuss einander, tiefe Stollen hineingetrieben, wodurch es allerdings gelungen ist, das Wasser rein abzuführen und die Dossirungen gegen ferneren Bewegungen zu sichern. Diese Bewegungen waren aber früher so stark gewesen, dass selbst die Leinpfade und Ufer hieran Theil genommen hatten und immer zusammenhängt worden waren. Als man aber, um dieses zu verhindern, den Kanalafer mit Bohlwerken einzufassen versuchte, und in der Sohle zwischen gegenüberstehende Pfähle Spannriegel gelegt waren, waren diese sogar zerbrochen und der Kanal hatte sich aufwärts zugeschoben.

Das erwähnte Eintreiben von Stollen ist indessen ein kostbares Unternehmen. Watson hat dafür ein andres Verfahren angegeben, das auch sowohl auf der London-Birmingham-Bahn, wie auf der Croydon-Bahn in Ausführung gebracht ist. \*) Dasselbe stimmt sehr nahe mit den üblichen Bohrmethoden in aufschwemmtem Boden überein, und unterscheidet sich davon nur darin, als die Bohrlöcher nicht lothrecht abwärts, sondern schrägs, und sogar etwas ansteigend gebohrt werden. Es dient zu eine Maschine, die bei Eisenbahnen auf einem Wagen steht, aber bei Kanälen auf ein Fahrzeug gestellt werden kann und die die Bohrungen seitwärts in die Dossirungen ausführt. In

\*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1844. pag. 49 u. 60.

die Bohrlöcher werden gusseiserne Futterröhren eingebracht, deren Wände an der obern Hälfte durchlöchert sind. Diese Löcher sind aber auswärts sehr enge, und erweitern sich stark nach innen, woher sie sich nicht verstopfen können. Sollte aber durch sie Sand in die Röhren treiben, so würde derselbe, da er auf der unteren glatten Röhrenwand fällt, mit dem Wasser zugleich herausfließen, oder man könnte ihn leicht durch gewisse einfache Vorrichtungen darnus entfernen.

Der reine Thonboden und eben so auch der weiche Mergel sind gleichfalls bei Ausführung tiefer Einschnitte höchst bedenklich, und in mancher Beziehung sogar noch gefährlicher als Sand mit abwechselnden Thonlagen. Es tritt nämlich hierin eigentlich niemals ein sicheres Gleichgewicht ein: der Thon verwandelt sich in der Nässe, so weit diese eindringt, in eine zähe Flüssigkeit, die unter keiner Dossirung sich erhält, sondern das Bestreben hat, jeden auch noch so sanften Abhang herabzurufen. In der trocknen Jahreszeit dagegen zerklüftet sie, und zerfällt in kleine Theilchen, die gleichfalls hernabrollen, oder vom Regen herabgespült werden. Dabei pflegt sowohl auf dem reinen Thon, als auf dem Mergel eine kräftige Vegetation sich nicht zu bilden, und die Oberfläche bleibt immer dem Einflusse der Witterung ausgesetzt, und bald trocken, bald flüssig stürzen einzelne Theile derselben herab. Der grösste Uebelstand tritt indessen ein, wenn grössere Wassermassen hineindringen und den Boden in grosser Tiefe erweichen. Derselbe verhält sich alsdann wie eine zähe Flüssigkeit, welche nach und nach eine ganz horizontale Oberfläche anzunehmen das Bestreben hat. Dieser Zustand lässt sich jedoch bei diesem Boden gemeinhin leicht vermeiden, wenn man für die gehörige Ableitung des Wassers sorgt. Der Boden ist nämlich an sich sehr wasserdicht, und man kann daher das Regenwasser, selbst bei mässigem Gefälle der Abzugsgräben, noch sicher ableiten, ohne dass es sich stark hineinzieht.

Der Ourcq-Kanal wurde bei Bondy, in der Nähe von Paris durch einen etwa 45 Fuss tiefen Einschnitt in Mergelboden geführt. Bei der grossen Eile, womit der Bau begonnen war, hatte man die Schwierigkeit dieses tiefen Einschnittes in solchem Boden ganz unbeachtet gelassen, und sogar beim Beginne der Arbeiten dem beiderseitigen Dossirungen nur eine einfache Anlage und keine

## 125. Einschnitte und Dammschüttungen. 615

so gegeben. Es traten jedoch sehr bald so bedenkliche Bewegungen ein, dass dem Anschlage, der erst später aufgestellt, schon flachere Dossirungen, nämlich mit 1½facher Anlage Grunde gelegt sind. In dieser Weise kam der Einschnitt vollständig zur Ausführung. Man musste indessen fortwährend die herabgestürzten Erdmassen beseitigen, und die Dossirung abgraben, sobald sie überwichen, woher schon 1816 die ersten eine 3fache Anlage angenommen hatten, und in denselben wurden damals noch mehrere Bankete angebracht. Auch die Abflachung zeigte sich jedoch als ungenügend. Im Jahre 1820 war der Kanal hier stellenweise mit hölzernen Bohlwerken ausgebaut, die jedoch oft so nahe an einander geschoben waren, so die Schifffahrt sperrten. Man hatte daher hin und wieder Pfähle davor gerammt, und diese gegen einander abgesteift, so die Schiffe unter den Spannriegeln hindurch geschoben werden konnten. Man war damals auch damit beschäftigt, die Dossirungen flacher zu machen. Sie erhielten zum Theil eine vierfache Anlage und wurden ausserdem in senkrechten Abständen von 10 bis 12 Metern mit 2 Metern breiten Banketen versehen. Nach späteren Erfahrungen scheint aber selbst diese flache Neigung noch nicht zu haben, so lange der Boden stark mit Wasser durchtränkt bleibt, und eben so wenig zeigte sich auch ein günstigerer Erfolg, als man einzelne Dossirungen mit einer Steindecke oder Perré verkleidete. Dagegen sollen die Ufer keine weitere Abflachung gemacht haben, nachdem man endlich auf die Abführung des Regen- und Quellwassers aufmerksam geworden war. Wenn die Bewegung sich nicht auf einzelne isolirte Massen beschränkt, vielmehr die ganze hohe Dossirung daran Theil nimmt, so kann man die Ursache der Störung des Gleichgewichtes oft in den hohen Aufschüttungen in der Nähe des Durchstiches finden, die aus dem Abraum des letztern gebildet wurden. In letzterwähnten Beispiele war man bald hierauf aufmerksam geworden, und hatte daher schon bei den ersten Abflachungen die Ufer weit zurückfahren und ausbreiten lassen. Man pflegt aber bei festem Untergrunde dafür zu sorgen, dass der Abraum unmittelbar an den obern Rand der Dossirung geworfen wird, und vielmehr wenigstens noch einige Ruthen weit davon entfernt, was schon wegen der grössern Bequemlichkeit beim Auf-



bringen geschehn muss. Solche geringe Abstände genügen keineswegs bei zweifelhaftem Boden und für hohe Ablagen und man ist vielmehr gezwungen, mit diesen noch weiter zugehn, und ausserdem die Aufschüttungen so flach zu machen, dass sie nicht etwa selbst in Bewegung kommen.

Eine andre Vorsicht, die bei der Ablagerung der neuen Erde am Rande eines Einschnittes nicht unbeachtet darf, bezieht sich wieder auf die Entwässerung. Einer darf der Abraum nicht etwa die Entwässerung des natürlichen Bodens verhindern. Dieses könnte geschehn, wenn das Wasser nach der vom Einschnitte abgekehrten Seite abfließe, so dass wegen der Anschüttung und der Dossirung des Einschnittes Regenwasser keinen Abfluss fände, sich also hier ansammelte, so weit es nicht verdunstet, in den Boden einziehen müsste, dieses zu vermeiden, werden, so oft es nöthig ist, unter der Tragserde, und bevor diese aufgebracht wird, an passenden Stellen Durchlässe gebaut, und man sorgt durch gehörige Zuleitungsgräben dafür, dass ihnen das Wasser schnell zufließt und ihren Zweck vollständig erfüllen. Anders Theils darf man nicht unbeachtet lassen, dass die frisch aufgeschüttete Erde noch mehr das ausgehobene Gestein, alles Regenwasser, das darauf fällt, selbst einzieht, und wenigstens Anfangs, wenn seine Oberfläche durch Nachsinken oder Verschlammung noch gedichtet ist, dieses Wasser bis auf die frühere Oberfläche dringt. Damit es sich hier aber nicht ansammelt und so Quellen in der Dossirung Veranlassung gebe, muss man in dem zu drosselnden Raume, der beschützt werden soll, ein vollständiges Entwässerungs-System anlegen, das gemeinhin durch wenig Erdbau durch einfache Steinpackungen dargestellt werden kann, also nur geringe Kosten verursacht. Endlich muss man aber auch der aufgetretenen Erde geeignete Dossirungen geben, damit das Regenwasser, wenn es sich nicht mehr sogleich einzieht, abfließen kann, die Entwässerung nach dem Durchstiche, oder nach der entgegengesetzten Seite stattfinden soll, hängt von dem allgemeinen Charakter des Bodens ab, aber jedenfalls muss das Wasser möglichst schnell und schnell aus der Nähe der Dossirungen entfernt werden. Ableitungsgräben ohnfern des obern Randes der Dossirung nach beiden Seiten mit möglichst starkem Gefälle sich zu



berahzt, ohne in den Einschnitt selbst auszumünden, ist in allen Fällen nothwendig, oft ist man aber auch gezwungen, dem Erdbaufen einen zweiten ähnlichen Graben auszuführen. Auffallend ist es, dass die Bewegungen der Dossirungen in Einschnitten sich häufig in der ersten Zeit gar nicht zu erkennen geben, vielmehr oft erst im nächsten Jahre eintreten, zuweilen auch noch später. Die Erdstürze wiederholen sich alsdann lange Zeit hindurch, namentlich nach heftigem Regen nach dem Schmelzen sehr grosser Schneemassen: sie hören nicht auch niemals auf, wenn man die Dossirungen immer in der Weise wieder herstellt, oder wenn man sie jedesmal nur flacher macht, ohne für die Austrocknung des Ufers zu sorgen. Man will aber bemerkt haben, dass die Erdstürze durch Befüllung des Kanales mit Wasser beschleunigt werden, und danach bei einer Kanalanlage viel früher ein sicheres Urtheil über die Festigkeit der Dossirungen gewinnt, als wenn in dem Einschnitt eine Eisenbahn liegt. Bei dem unverkennbaren Einwirken des Wassers auf die ganze Erscheinung ist diese Verschiedenheit auch leicht zu erklären.

Die Seiten-Dossirungen hoher Anschüttungen sind ähnlichen Gefahren, wie die der Einschnitte ausgesetzt, und bei beiden kommen ungefähr gleiche Erscheinungen vor. Ein wesentlicher Unterschied findet indessen insofern statt, als im künstlichen die Abstürzungen weit früher eintreten und aufhören, als bei der neuen Dossirung einer natürlichen Erdbablagerung. Wenn man auch lange Zeit hindurch sich setzt, und an Höhe zunimmt, so pflegt die Besorgniss wegen der Dossirungen schon nach einem Jahre vollständig verschwunden zu sein. Dieses lässt sich leicht durch seine isolirte Lage, indem keine Quellen grosse Wassermassen hineintreten können, er daher in kurzer Zeit austrocknet und auch später dauernd trocken bleibt. Wenn man der Damm den Kanal tragen soll, so ändert dieses Verhältniss sich sehr wesentlich, und um den Zufälligkeiten zu begegnen, die alsdann besorgt werden müssen, kann die Vorsicht sehr weit getrieben werden, namentlich wenn die Dämme sehr hoch sind. Es begründet sich alsdann die Regel, dass der Damm vollständig zum Stehen gebracht, also auch vollständig ausgetrocknet sein muss, ehe das eigentliche Kanalbette auf ihm zugerichtet

wird, damit dieses seine Wasserdichtigkeit auch sicher Augenscheinlich würden alle Gefahren, denen unter den stügsten Umständen die Dossirungen der Einschnitte ausgesetzt sind, sich bei den Dämmen fortwährend wiederholen, wenn Wassermassen aus dem Kanale in sie eindringen sollten.

Das Aufbringen der Erde in dünnen Schichten, so wie das starke Abrammen derselben, um das spätere Setzen auf das geringste Maass zu beschränken, ist besonders in diesem Falle dringend nöthig. Die Anwendung flacher Dossirungen ist sich aber theils, um den Bewegungen derselben sicher zu sein, und theils auch um das Gewicht des ganzen Damms auf eine grössere Grundfläche zu vertheilen, und dadurch das Sinken der Thulsohle zu mässigen, falls dieselbe aus dem Boden bestehn sollte. Indem aber das Setzen der Dämme ganz verhindert werden kann, so ist es nöthig, dass diese grossentheils erfolgt sei, ehe die Kanalbettoe dargestellt und dichtet wird. Hieraus ergibt sich aber die Nothwendigkeit, Dämme möglichst frühe auszuführen, so dass sie bei der Benutzung des Kanales bereits mehrere Jahre hindurch gestanden haben.

Die Bewegungen, welche die Dossirungen der Dämme machen, stimmen übrigens mit denen der Einschnitte sehr überein. Wenn in der Dossirung selbst eine Verschiebung möglich ist, so findet ein Herabgleiten grosser Massen, nicht über eine cylindrische Bruchfläche statt. Der gelöste Theil hat die Form eines Abschnittes von einem Cylinder, der oben sehr stark in seinem obern Rande, und bewegt sich gegen das untere Ende mehr seitwärts, die Böschung, welche oben von oben bis unten dieselbe war, wird daher im obern Theile sehr steil, und verschwindet oft ganz, während sie unten flach wird. Die Erscheinung ist genau dieselbe, die bei den Abbrüchen der Flussufer sich fast jedesmal wiederholt. Vor dem Eintreten der Bewegung giebt sich die Ausbildung der Bruchfläche schon durch das Entstehen senkrechter schmaler tiefer Spalten am obern Ende der gelösten Masse zu erkennen. Oft vergeht eine geraume Zeit, nachdem man diese bemerkt, bevor die Bewegung wirklich erfolgt. Sobald dieses geschieht, so zerfällt natürlich der seitwärts geschobene untere Theil, und bildet einen wellenförmig vortretenden Erddamm. Da

Brung am obern Rande derjenigen Erdmasse, die an der Bewegung keinen Theil genommen hat, kann sich natürlich nicht erhalten und stürzt daher bald nach.

Wesentlich verschieden ist die Erscheinung, die bei dem Setzen des Dammes eintritt, wobei kein Theil sich von dem nächst belegenen ablöst und gegen denselben vorschiebt. Dossirungen bleiben auch in diesem Falle häufig nicht ganz unverändert, doch ist ihre Formveränderung gemeinhin so geringe, dass man sie bei der üblichen Rasenbekleidung kaum mit Sicherheit nehmen kann. Man bemerkt sie aber sehr deutlich, wenn die Dossirung mit einer Steindecke oder einem Perré regelmässig bedeckt war. Dieses pflegt nämlich nach aussen auszuhängen, so dass die Dossirung oben flacher, unten dagegen etwas steiler wird.

Endlich geschieht es auch häufig, dass der Untergrund nicht fest genug ist, um das Gewicht des Dammes zu tragen, er sinkt unter der starken Belastung nachgiebt, und selbst herabsinkt. Hierbei pflegt oft nicht sowohl eine Compression des Bodens einzutreten, als vielmehr ein Ausweichen desselben. Gewöhnlich geschieht dieses in einem weichen und morastigen Untergrund. Sobald der Damm in ihn eindringt, erheben sich die Seitenflächen am Fusse der Dossirungen, und steigen hier oft in langausgedehnte Rücken, in der Breite von mehreren Ruthen, bis ein Fuss hoch über den Horizont der ursprünglichen Thalfläche.

Bei einer solchen Veränderung des Untergrundes verschiebt sich wahrscheinlich die Masse desselben, indem sie aus der Axe des Dammes sich nach beiden Seiten hin bewegt. Dieser Umstand hat keine weitere Bedeutung, wenn der Erddamm mit keinem festen Bauwerke verbunden ist. Sobald aber unter ihm, wie doch jedesmal geschehn muss, ein Durchlass angebracht ist, so wird derselbe an der Bewegung des Untergrundes Theil und in der Länge nach zerrissen. Besonders ist dieser Erfolg ganz unvermeidlich, wenn man zu grösserer Vorsicht den Durchlass auf einen Pfahlrost gestellt hat, denn jedenfalls werden die Pfähle von der bewegten Erde gefasst und nach beiden Seiten übergebogen. Ein Fall dieser Art ist bereits bei Beschreibung der Brücke (§. 35) mitgetheilt worden, noch auffallender wiederholte sich solches bei einer hohen Dammschüttung, über welche der Main-Donau-Kanal geführt wurde. Diese Dammschüt-

tung ist so interessant, dass eine speciellere Mittheilung sich gewiss rechtfertigt.

Nach dem ursprünglichen Projecte dieses Kanales soll sehr tiefe Thal über den Distelbach bei Burgthann, oberhalb Städtchens Altdorf, durch einen Brückenkanal überspannt werden. In dem veröffentlichten Projecte ist dieser Bau auch in Seitenansicht und im Grundrisse dargestellt. Fünf Bogen, je 50 Fuss Weite waren nach dem Entwurfe auszuführen, an derselben Zeichnung liegt der Kanal sehr genau 100 Fuss über dem Distelbache. Ehe man jedoch zur Ausführung des Werkes kam, hatte man schon die Ueberzeugung gewonnen, dass die Anschlagssumme für den ganzen Kanal weit überschritten werden würde, und indem man auf möglichste Ersparung Bedacht zu nehmen sich gezwungen sah, so meinte man, der Uebergang über den Distelbach und eben so auch die Ueberführung über die Thäler des Kellerbaches und Grubenbaches hier günstige Gelegenheit boten, sobald man statt der veranschlagten Brücken, Dammschüttungen wählte. Alle drei Bäche kreuzten die Scheitelsecke des Kanales, welche nicht den kürzesten Weg aus einem Thale in ein andres bildet, sondern, wie erwähnt (§. 116), nahe 4 Meilen lang ist und alle Uebelheiten des Bodens zu beiden Seiten der Wasserscheide überwindet. Die beiden letztbenannten Thäler sind etwas weniger tief als das des Distelbaches, nichts desto weniger erforderten sie hohe Dammschüttungen. Das Material zu diesen Dämmen waren die Einschnitte, die hier vielfach vorkamen, und die auch weniger tief, doch der Länge nach viel ausgedehnter waren. Der gewonnene Boden bestand aber aus weichen Kalkstein, zur Formation des Keupers gehörig, der noch einige Festigkeit hatte, oft sogar nur mühsam abgetragen werden konnte, der aber an der Luft in feine Blätter zerfiel, die beim Zutritt von Wasser diesen zerfiel, und indem sie darin vollends aufgelöst wurden, sich in eine schlammartige Masse verwandelten.

Dieses war das Material, woraus man die 100 Fuss hohen Dämme schüttete, die den Kanal tragen sollten. Bei der Ausführung selbst wurde wieder nur der Kostepunkt herrschend. Alle Vorsichtsmaassregeln, die man sonst schon bei



nen für ähnliche Zwecke und selbst bei guter Erde zu achten pflegt, blieben hier unbeachtet. Der Damm wurde, bei Eisenbahnanlagen üblich, durch Verstärkung des Materials der Dammkrone aus gebildet und auf provisorische Bahnen dieses von den nächsten Einschnitten, wo man es gewohnt hatte, unmittelbar hergeführt. Die drei Dämme waren auf die Weise im Jahre 1841 dargestellt worden. Im folgenden Jahre, als ich sie sah, und als der Kanal contractlich der Schifffahrt zu werden sollte, war ihr Zustand von der Art, dass an die Stellung des Kanalbettes noch nicht gedacht werden konnte, sehr die Frage sehr nahe lag, ob man die Dämme ihrem Schicksal überlassen, und wie ursprünglich beabsichtigt worden, noch massiven Brückenkanäle daneben erbauen sollte.

Alle drei Dämme hatten starke Bewegungen gemacht, sich gesetzt und in den obern Theilen ihre Dossirungen verlor, während unten die Schlammmassen etwa 50 Fuss breit vor Fuss der Schüttung über die Thalsohle gequollen waren. Seine Häuser im Dorfe Burgthann standen in augenscheinlicher Gefahr, von der noch keineswegs zum Stehen gekommenen erreicht und überdeckt zu werden. Der massive Durchlass, der den Distelbach abführt, war auf einen Pfahlrost gegründet. Seine lichte Höhe betrug 6 Fuss und seine Breite 8 Fuss; man darin noch einen Fusspfad angelegt hatte. Seine Länge war etwa 500 Fuss und an jeder Seite schloss ihn ein starkes Gerwerk mit Flügeln ein. Dieser Durchlass war in der Mitte auseinander gerissen, so dass eine 9 Zoll weite Fuge sich quer durchzog. Aus Besorgniss, dass die Fuge sich noch mehr öffnen und die Erdmasse in den Durchlass dringen und ihn stopfen möchte, hatte man der Länge nach ein Anker, aus zungenförmigen starken Eisenstangen hindurchgezogen, das beiden gegenüberstehenden Stirnen des Durchlasses verband. Der Anker hatte sich unter dem zunehmenden Drucke so scharf gebogen, dass es beim Aufschlagen wie eine Saite vibrirte.

Die Schüttungen in den Thälern des Keller- und Grubenbaches waren wegen der geringeren Höhe weniger verwüstet und machte den Anfang, sie wieder zu reguliren und das Kanalbett darin vorzurichten. Man überzeugte sich indessen, dass die letzten Boziehung von dem ursprünglichen Projecte abge-



In Fällen zeigt sich das eine, in andern ein anderes vorthell-  
während das erste entweder ganz erfolglos ist, oder aber  
Kosten der Dichtung unnöthiger Weise sehr steigert. Die  
bodenartige Beschaffenheit des Untergrundes wird augen-  
lich die wichtigste Rücksicht sein, die man bei der Wahl  
Mittel zu beachten hat, indem sie aber auch auf die Filtration  
wesentlichsten Einfluss ausübt, so kann man oft aus der  
auf die Bodenbeschaffenheit schliessen, und durch genaue  
Richtung des Wasserverlustes schon zu der Ueber-  
ung gelangen, dass an einer Stelle vielleicht ein einfaches  
hren schon genügt, während an einer andern weit kräftigere  
den angewendet werden müssen.

Oft giebt der blosse Augenschein schon Gelegenheit, die un-  
ten Stellen eines Kanales zu erkennen. Wenn sehr starke  
Adern aus einzelnen Punkten austreten, so zeigt dieses der  
erspiegel an, indem er über der Oeffnung, welche die grossen  
in verschluckt, eine Einsenkung, oder diejenige Erscheinung  
ken lässt, die man gemeinhin einen Trichter nennt. Das  
er darüber fängt nämlich an zu wirbeln, oder sich im Kreise  
ehen, und in Folge der Centrifugalkraft oder des Trägheits-  
ates entfernt es sich von der Drehungsaxe, woher in dieser  
Oberfläche eine Einsenkung entsteht. Es muss allerdings  
Ausflussöffnung schon sehr gross sein, wenn diese Einsen-  
namentlich bei dem gewöhnlichen Wasserstande von 3 bis  
s bemerkbar sein soll. Wenn dagegen das Wasser sehr  
st, so kann man zuweilen aus den Bewegungen der Sand-  
ben über dem Grunde schon auf die Lage der Adern schliessen,  
die das Eintreten von Quellen aus den Bewegungen in der  
der Ausmündung sich zu erkennen giebt, so zeigt sich  
Aehnliches, wenn freilich in geringerem Grade, auch an den  
n, wo grosse Wassermassen versinken. Erfolgreicher pflegt  
Fällen, wo der Wasserspiegel über dem umgebenden Ter-  
ragt, die nähere Untersuchung des letztern zu sein. Wo  
be besonders feucht und nass ist, liegen auch die stärksten  
Adern im Kanale, und es geschieht sogar, dass diese als  
de Quellen am Fusse des Kanaldammes austreten. Nichts  
weniger wird auch dieses Mittel zur Auffindung der un-  
n Stellen ganz erfolglos, wenn der Untergrund kiesig und

der Stand des Grundwassers in demselben sehr tief ist. Abzumessen ist das austretende Wasser, und wenn es auch noch so reichlich fließen sollte, gar nicht zu bemerken.

Die sicherste Methode zur Ermittlung der Stärke der Filtration an einzelnen Stellen ist die unmittelbare Beobachtung des Wasserstandes. Wenn dazu auch manche Vorkehrungen erforderlich sind, so sind die Kosten derselben doch nicht so groß, als wenn man die kräftigsten Methoden der Dichtung weiter ausdehnt, als es gerade nöthig ist. Zuerst untersucht man, ob eine Kanalstrecke zwischen zwei Schleusen besonders stark das Wasser verliert. Dieses lässt sich, wenn der Kanal auch nur probeweise gefüllt wird, an dem starken Sinken des Wasserstandes, während die Schleusenthore und Schütze geschlossen gehalten werden, leicht erkennen. Die Untersuchung darf aber nicht hierauf beschränkt werden, denn in den meisten Fällen wird die Kanalstrecke nicht in ihrer ganzen Ausdehnung in gleichem Maasse undicht; vielleicht ist sogar nur ein kleiner Theil in ihr mit vielen oder kräftigen Adern versehen, während sie im übrigen Theile das Wasser sehr vollständig zurückhält. Man kann, wenn der Anschein oder die sonstige Kenntniss von der Beschaffenheit des Untergrundes hierüber kein Urtheil gestattet, nur durch Zerlegen der Strecke in mehrere Abtheilungen zu einem sichern Resultate gelangen. Man führt zu diesem Zwecke verschiedene Pfähle in die Dämme durch den Kanal aus, und bringt in allen gewissen Richtungen an, wodurch die Verbindungs-Oeffnungen schnell geschlossen werden können. Während letztere sämmtlich noch offen sind, beobachtet man den Wasserstand in allen Abtheilungen, und überzeugt sich, dass er bei dem dauernden Zuflusse sich als Stauungsstand darstellt. Die Stärke der Durchströmung durch diese Oeffnungen lässt schon ungefähr auf die Dichtigkeit der einzelnen Abtheilungen schließen, doch sicherer wird das Urtheil, wenn man alsdann gleichzeitig alle Oeffnungen sperrt, und nunmehr an den einzelnen Pegeln das Sinken des Wassers in gewissen Zwischenzeiten beobachtet. Erfolgt dieses ziemlich gleichmäßig in allen Abtheilungen, so ist es ein Zeichen, dass die Stärke der Filtration in der ganzen Kanalstrecke überall die gleiche ist und nirgend besonders kräftige Abflüsse stattfinden. Man wird daher ein entsprechendes Verfahren für die Dichtung zu wählen

diesen auf die ganze Kanalstrecke auszudehnen haben. Hätte dagegen gefunden, dass eine Abtheilung das Wasser sehr schnell verliert, während die andern keine Verluste zeigen, so würde man, dass in jener die starken Wasseradern lägen, auf die Schliessung es ankäme, und man könnte alsdann, um ihre Lage noch genauer zu ermitteln, jene Abtheilung wieder in gleicher Weise in Unterabtheilungen zerlegen. Wie wichtig diese Unterabtheilung ist, ergibt sich daraus, dass das Verfahren zur Beseitigung der Filtration ein wesentlich verschiedenes sein muss, wenn starke Adern an einer einzelnen Stelle liegen, oder wenn der Boden überall gleichmässig das Wasser in den feinen Zwischenräumen hindurchdringen lässt.

Unter den Methoden zum Dichten ist zunächst diejenige zu nennen, welche man schon in frühern Zeiten oft angewendet, die zuweilen auch günstige Resultate gegeben hat. Sie besteht in dem Zulassen von trübem Wasser. Man gewinnt es am einfachsten, wenn man die Bäche oder Flüsse zur Zeit der Anschwellung in den Kanal treten lässt. Die oben (§. 122) erwähnten Vorsichtsmaassregeln, wonach alle gröberen und feineren Massen vom Kanale abgehalten werden sollen, können zwar in solchem Falle keine Anwendung finden, und eine nahe Folge hiervon ist es wieder, dass dem Kanale grosse Sand-, Kies- und Erdmassen zugeführt werden, die sich an einer Stelle mehr, als an der andern ablagern, und die man durch ständige Räumungen wieder beseitigen muss, wenn nicht die entstandenen Untiefen die Schifffahrt hemmen sollen. Bei diesen Räumungen kann leicht die beim Einlassen des trüben Wassers erzielte Dichtung wieder aufgehoben werden. Um dieses zu verhindern, pflegt man freilich, wie bereits bemerkt (§. 121), den Kanal ursprünglich noch etwas tiefer zu machen, als er später erhalten werden soll. Da diese Mehrtiefe aber doch nur einige Zolle und höchstens einen halben Fuss beträgt, so ist durch die angeregte Besorgniss selbst für die Sohle keineswegs gehoben, und noch weniger lässt sie sich in Betreff der Dichtungen in dieser Weise beseitigen. Es ergibt sich hieraus, dass das Einlassen des trüben Wassers grosse Nachteile mit sich führt, ausserdem aber keineswegs von ganz sicherem Erfolge ist. Dass die Speisegräben mancher Französischen Kanäle schon

seit hundert Jahren in dieser Weise behandelt sind, ohne die grossen Wasserverluste dadurch aufgehoben wären, ist früher erwähnt.

Nichts desto weniger hat diese Methode dennoch bei altern Kanälen nach und nach zu dem beabsichtigten Ziel führt. Sehr wichtig sind aber die Versuche, die an dem Rhone-Kanale hierüber angestellt wurden. Die Strecke von Hünningen abwärts bis Strassburg war hierzu vorzugsweise geeignet, indem sie in dem groben Kieslager, welches das Rheintal füllt, eingeschnitten ist, und daher übermässige Verluste durch Filtration erleidet, während sie andererseits vom Rhein gespeist wird, und man zur Zeit der Anschwellungen desselben auch grosse Massen trüben Wassers hineinleiten kann. Man hat nachdem alle Schleusen geöffnet waren, bei Hünningen etwa Cubikfuss Wasser in der Secunde dem Kanale zuströmen lassen. Diese Masse war aber nur wenige Meilen weit zu bemerken, denn die Filtration war so stark, dass selbst dieser Zufluss bald verschwand und in der erwähnten Entfernung die Strömung ganz aufhörte. Man änderte nunmehr die Mündung des Stichkanales bei Hünningen sowie auch die daselbst befindliche Schleuse in der Art ab, dass die eingeführte trübe Wassermenge auf nahe 500 Cubikfuss in der Secunde sich steigerte. Diese erreichte allerdings den Ort Strassburg, aber bei jedem Versuche dieser Art brachen Kanaldämme bald hier und bald dort durch, und der Erfolg der Dichtung war dennoch so geringfügig, dass man sich nach mehreren Jahren von der gänzlichen Unzulänglichkeit dieses Mittels überzeugte und zu andern Methoden überging \*).

Sehr nahe verwandt mit dem so eben beschriebenen ist jenejenige Verfahren, wonach das trübe Wasser künstlich abgeseigt, oder das reine Wasser durch einen Zusatz von Thon oder auch wohl von Lehm getrübt wird. Man kann diese Operation entweder in gewissen Seiten-Bassins vornehmen, und die zubereitete Flüssigkeit in den Kanal fliessen lassen

\*) Die höchst wichtigen Beobachtungen und Erfahrungen über die Dichtung des Rhein-Rhone-Kanals, worauf auch im Folgenden nochholt Bezug genommen werden wird, sind in einem sehr interessanten Mémoire von Le Grom in den *Annales des ponts et chaussées* t. I. pag. 225 zusammengestellt.



Kann auch im Kanale selbst den erdigen Zusatz mit dem er vermengen. Die erste Methode dürfte wohl erfolgreicher und weniger mit andern Uebelständen verbunden sein, aber jedenfalls sie auch viel kostbarer. In dieser Weise waren vielfache Versuche am Main-Donau-Kanale angestellt, die auch sehr günstige Resultate ergaben. Man hat dabei den Vortheil, dass nur die niedrige Wasserschicht in dem Kanale steht, daher der Druck der Flüssigkeit nicht gross ist, und sonach die erdigen Theilchen, die die Zwischenräume eindringen, darin leicht stecken bleiben, auf diese Weise die Schliessung bewirken. Wenn dagegen die erdigen Theilchen unter starkem Drucke eindringen, so werden sie eher herabgetrieben und leicht vollständig hindurchgestossen, so dass sie sich viel weniger wirksam, oder auch wohl ganz unzuverlässig erweisen. Man hatte bemerkt, dass bei diesem Verfahren, und zwar wenn sehr feiner Thon angewendet wurde, der in dem Wasser schwebte, derselbe in reinem und feinem Zustande 6 Zoll tief eindrang und eine sehr befriedigende Dichtung machte. Die Zubereitung solcher Flüssigkeit verursachte aber Mühe, und wenn sie dargestellt war, musste man sie in die Strömung in den Kanal leiten, weil sie sich sonst schon absetzte und alsdann nicht weiter ihren Zweck erfüllte. Die Orte, worin man die Flüssigkeit vorbereitete, konnten aber nicht so gross sein, dass man längere Kanalstrecken damit auch nur wenige Zolle hoch hätte anfüllen können, und während sie sich ausbreitete, versank sie schon im Boden, woher immer die nächsten Theile des Kanales auf solche Art sich befüllen liessen. Man wäre daher, wenn dieses Verfahren im Allgemeinen angewendet werden sollte, gezwungen, eine Menge solcher Orte vorzubereiten, die natürlich sämmtlich durch Bäche gebildet werden müssten. Aus diesem Grunde sah man sich veranlassen, von dieser Methode abzugehen, und die Bildung des trüben Wassers im Kanale selbst darzustellen. Dieses kann auf verschiedene Art geschehn. Beim Rhein-Rhone-Kanale versuchte man zuerst, und namentlich um die Böschungen der Kanaldämme zu sichern, den Thon recht fein zertheilt in das Wasser zu werfen, da er sich mit demselben nicht genügend vermengte, so bildete man hinter einander sehr schwache Thondämme wie kleinere, von denen eines nach dem andern beim Einlassen des



Wassers überströmt und durchbrochen wurde. Das Wasser wirkte sich dabei allordings sehr bedeutend, aber vergleichungshalber gegen die grosse Menge des eingebrachten Thones war der Erfolg ganz ungenügend, und man überzeugte sich bald, dass trübe Wasser überhaupt nur wirksam ist, wenn es sich um Schliessung sehr feiner Adern handelt, dass man aber in grösserm Untergrunde, wie dort, damit nichts erreicht.

Zweckmässiger als diese Methoden, wonach das Wasser sich mit dem darin befindlichen Thon vermengen soll, dürfte sein, diese Vermengung durch äussere mechanische Hülfen zu bewirken. Dieses ist das Verfahren, das am Main-Don-Kanale besonders wirksam gewesen sein soll, und welches Pechmann unbedingt empfiehlt<sup>\*)</sup>. Zum Theil musste der Thon in den Kanal gebracht werden, zum Theil war aber die Sohle schon aus natürlichen Thonlagern ausgehoben, und es kam in beiden Fällen nur darauf an, die nöthigen Bewegungen hervorzubringen, dass die feinen Erdtheilchen sich lösten und sich im Wasser ausbreiteten. Man fand dazu am geeignetesten die Anwendung der Egge, wie solche auf gepflügten Aekern zum Zerkleinern der Schollen und zum Ebenen der Oberfläche benutzt wird. Man spannte auf jedem Leinpfade ein Pferd davor, und bewegte die Egge in der Längenrichtung des Kanales hin und her. Zuweilen liess man sie auch nur von dem einen Ufer aus ziehen, während am andern ein Arbeiter sie an einer zweiten Leine anzog, damit sie nicht das Ufer streifen und die Dossirung beschädigen möchte.

Es ist hier nur von der Anwendung des Thones die Rede gewesen, während zu diesem Zwecke auch andre Erdarten geeignet, und namentlich der Sand vielleicht noch vortheilhafter ist, da er sich nicht so fein zertheilt, also sicherer und leichter die Wasseradern, wenn auch nicht ganz sperrt, doch sehr verengt. Die Erfolge bei Anwendung desselben sollen besonders in dem Kanal von Bourgogne überraschend gewesen sein<sup>\*\*)</sup>, wodurch augenblicklich die Adern gestopft wurden, und einzelne Strecken

<sup>\*)</sup> Pechmann hat hierüber verschiedene Mittheilungen bekannt gemacht, unter andern in der Wiener Bauzeitung 1840. Seite 373.

<sup>\*\*)</sup> *Pierre, sur l'étanchement des Canaux. Annales de pont et chaussées. 1832. I. pag. 398.*

den der Wasserstand bisher in der Stunde sich um 2 Zoll lost hatte, plötzlich gar keinen Verlust mehr erfahren. Das Verfahren bestand darin, dass man ein Boot mit recht feinem, sehr trockenem Sande belud, und damit über die Stelle des mit Wasser gefüllten Kanales fuhr, die gedichtet werden sollte. Es darauf an, den Sand möglichst fein zertheilt über die Oberfläche des Wassers auszubreiten, damit die Körnchen einzeln langherabsinken, und von der Strömung gefasst und in die Adern gezogen werden konnten. Man streute ihn daher, etwa wie beim Ausstreuen des Getreides geschieht, aus, wozu man auch einer geeigneten Schaufel sich bediente. Wäre er in grösseren Klumpen ins Wasser geworfen, so würden solche, da sie verhältnissmässig weit geringeren Widerstand erfahren, schneller herabgehen und auf den Boden gefallen sein, ohne von der Strömung erfasst zu werden.

Auch auf dem Caledonischen Kanale wurde dasselbe Mittel mit gutem Erfolge angewendet, doch wich man hier in sofern davon ab, als man nicht reinen Sand, sondern ein Gemenge von Sand und etwas Thon benutzte, das gleichfalls fein zertheilt ins Wasser geworfen wurde<sup>\*)</sup>. Auch bei dem Rhein-Rhone-Kanal, nachdem durch andre Mittel die Filtration grossentheils beseitigt war, zum Stopfen der feinen noch vorhandenen Adern ein Gemenge von Thon und Sand, und zwar beide in gleichen Theilen, angewendet. Man hatte dieses Gemenge vorher in einiger Wärme vollständig austrocknen lassen, wobei es in kleine Klumpen zerfiel. In diesem Zustande wurde es hinabgeworfen, es soll durch das Aufquellen beim Nasswerden um so sicherer die kleinen Oeffnungen geschlossen haben.

Wesentlich verschieden hiervon ist die Methode, sowohl die Oeffnungen des Kanales, als auch soweit es nöthig ist, die Dossirung desselben mit einem Thonschlage zu versehen. Man hält allgemein dieses Verfahren für viel sicherer und erfolgreicher, als jenes, wobei der Thon oder der Sand frei herabgeworfen wird. Nichts desto weniger erfordert auch dieses bei der

<sup>\*)</sup> *Histoire des travaux du Canal Calédonien par St. Flachet.* Paris 1828.

Ausführung grosse Vorsicht, wenn es seinen Zweck dauernd erfüllen soll.

Zunächst entsteht die Frage, ob man ganz reinen Thon anwenden, oder denselben mit Sand versetzen soll. Das Letztere dürfte den Vorzug verdienen, weil alsdann beim Trockenlegen Kanales weniger die Bildung der Risse und bei der dauernden Benetzung weniger ein vollständiges Aufweichen zu besorgen ist. Die Frage stimmt zum Theil mit der bereits früher angeführten (§. 44) überein, nämlich welches Material sich am besten zur Füllung eines Fangedammes eignet, und eben so wie dort der stark mit Sand versetzten Erde, oder einer gewöhnlichen Ackererde der Vorzug gegeben wurde; so ist auch wiederholt in der Ansicht ausgesprochen worden, dass keineswegs ein besserer Thon zu der Ausfütterung eines Kanalbettes sich vortheilhafterweise eigne, vielmehr eine leichte Ackererde auch hierzu geeignet sei.

Beim Aufbringen dieser Erd- oder Thonschichten verfährt man wieder in verschiedener Weise. Gar zu grosse Massen einmal aufzuschütten, ist gewiss nicht angemessen, man legt lieber dünne Schichten, oder Schaaalen nach einander auf. Jede Schicht muss mit der vorhergehenden möglichst innig verbunden werden. Dieses ist gewiss leichter, wenn beide recht nass sind, wenn sie trocken sind. Wird aber der Thon sehr nass gemacht, so reisst er beim spätern Trocknen, sobald er der Luft ausgesetzt ist, und verliert dabei seine Dichtigkeit. Verfährt man dagegen sein Austrocknen, und füllt unmittelbar nach Beendigung die Kanalstrecke mit Wasser an, so giebt die Masse Feuchtigkeit, die er noch enthält, wieder Veranlassung, dass er eine breiartige Beschaffenheit annimmt und unter Wasserdrucke nachgiebt. Die Strecke des Kanales St. Quentin, wo man dieses Verfahren anwendete, hatte vorher in jedem Fuss nahe 4 Fuss in der Höhe des Wasserstandes verloren. Nachdem man Thonschlämme, um des Erfolges sicher zu sein, die Stärke von 5 Fuss, und zwar eben sowohl auf den Dossirungen als auf der Sohle. Der Erfolg war auch sehr bedeutend, denn der gewöhnliche Wasserverlust verminderte sich bis auf  $2\frac{1}{2}$  Zoll. Der günstige Zustand dauerte aber nicht lange, denn nach 3 Monaten betrug der Verlust wieder über einen Fuss.

Nach der andern Methode wird der Thon oder die Erde wirklich steif in Schichten von 2 bis 3 Zoll Stärke aufgebracht, und man treibt diese mit schweren Schlägeln stark an. Bevor eine neue Lage darüber geworfen wird, feuchtet man die obere an, und hierzu soll die Anwendung von Kalkwasser besonders nützlich sein. In dieser Weise war eine Stelle des Kanals Centre, wo die Verluste durch Filtration besonders stark wahrgenommen worden. Die Höhe der Decke über der Sohle betrug 2 Fuss, und über den Dossirungen sogar 3 Fuss. Auch zeigte sich Anfangs nur eine geringe Filtration, nachdem aber ein Jahr verfloßen, waren die Wasserverluste wieder eben so stark wie früher, und Minard vermuthet, dass dieses von dem Austrocknen und der dabei erfolgenden Bildung vieler Spalten herrühre, während der Kanal behufs der vorzunehmenden Reparaturen trocken gelegt wird.

Beim Rhein-Rhone-Kanal zeigte dieselbe Methode, die man Anfangs auch hier versucht hatte, gleichfalls keinen nachhaltigen Erfolg. Derselbe wurde indessen erreicht, als man dem Gemenge von Thon und Sand noch etwa den dritten Theil groben Kiesel beisetzte, und ausserdem die einzelnen Schichten mit dünn flüssigem Kalk begoss. Man hatte soviel Kalk dabei angewendet, dass auf 80 Kubikfuss Erde etwa 1 Kubikfuss Kalkbrei kam. Die Stärke des Bettes muss nur 1 Fuss, und dasselbe bestand aus 3 Lagen. In die obre Lage wurde noch, um die Wirkung der Schlägel recht erfolgreich zu machen, eine Art Pflaster von kleinen Steinchen angebracht, die indessen so weitläufig gesetzt waren, dass sie sich nirgend unmittelbar berührten. Endlich wandte man noch die Vorsicht an, eine dünne Erdlage darüber zu schützen, damit der so vorbereitete Thonschlag nicht trocknen möchte. Diese Methode wurde nach vielfachen Versuchen als die vollkommenste anerkannt und etwa auf 15 Meilen Länge zur Ausführung gebracht. Es ist aber bereits erwähnt worden, dass die inneren Adern später noch durch Einschütten von Thon und Sand gedichtet worden, so wie man auch bei jeder Trockenlegung dieses Kanals die Thonbekleidung durch erneutes Festschlagen und Aufbringen neuer Erde in Stand setzt.

Diese Kanalstrecke von 15 Meilen Länge verbrauchte im Jahre 1832, ehe die Dichtung des Bodens nach der letztbeschrie-



benen Methode vorgenommen war, in der Secunde 234 Kubikfuss, im Jahre 1840 dagegen, als die Dichtung beendigt war, nur auf 33 Kubikfuss. Doch war der Verbrauch keineswegs allein von der Witterung abhängig, vielmehr steigerte er sich nach und nach immer mehr, bis zu der Zeit, wo der Kanal wieder trockengelegt und der Thonschlag in Stand gesetzt wurde. Ausserdem hat die Filtration aber auch wieder seit 1841 zugenommen, und zwar in Folge der Erhöhung des Wasserstandes im Kanale. Es war nämlich gleich nach Beendigung des Kanales beinahe der ganze Verkehr zwischen Strassburg und Basel auf denselben übergegangen, so dass selbst die kleinen Dampfboote die Bergfährn darauf machten, indem sie durch Pferde gezogen wurden. Nachdem jedoch die Eisenbahn, die grossentheils unmittelbar daneben liegt, und die sehr günstige Linien und Gefälle hat, in Aand genommen war, bemerkte man schon, dass der Kanal, wenn er nicht verbessert würde, die Konkurrenz gar nicht bestehen konnte. Der Wasserstand, der ursprünglich nur auf 3 Fuss gehalten wurde, genügte aber nicht für schwer beladene Schiffe, und es musste für solche gesorgt werden, weil sonst die Transportkosten und die Kanalzölle die Eisenbahn-Tarife überstiegen. Man erhöhte demnach allmählig den Wasserstand, und stellte seit dem Jahre 1844 die Fahrtiefe von  $4\frac{1}{2}$  Fuss fest, das heisst auf denjenigen Wasserstand, welchen die für die grosse Schifffahrt bestimmten Kanäle in Frankreich haben, und für welche der Rhodan-Rhone-Kanal auch ursprünglich eingerichtet war. Es ist klar, dass hierdurch die Filtration in sehr hohem Grade wieder vermehrt werden musste. Bei andern Kanälen würden die Sperrgräben eine solche Wassermenge, die der Ergiebigkeit grösserer Flüsse gleich ist, gar nicht liefern können, und der Kanal müsste während des grössten Theiles des Jahres trocken liegen. Diese Verlegenheit tritt hier nicht ein, weil der Rhein fortwährend viel mehr Wasser abführt, und ohne Nachtheil auch abgeben kann, aber die starke Strömung im Kanale giebt Veranlassung zu sehr grossen Beschädigungen der Ufer, und zu Verflachungen an einzelnen Stellen, woher die Unterhaltungskosten sich ungewöhnlich steigern.

Die Wassermenge, welche der Kanal in der günstigsten Periode, nämlich vor dem Jahre 1841 verbrauchte, war übrigens



ganz enorm, denn sein Spiegel senkte sich, wenn die Zuleitungen abgeschlossen waren, täglich noch nahe um einen Fuss. Der Verlust rührte beinahe ausschliesslich von der Filtration her, denn die Verdunstung bildete nur einen ganz unbedeutenden Theil davon, und beim Gebrauche der Schleusen wurde auch nur wenig Wasser verwendet, da der tägliche Verkehr sich auf fünf Stunden beschränkte. Nimmt man an, dass die Filtration gleichmässig auf dem ganzen Kanale erfolgt, und zwar eben so wohl auf der Sohle, wie auf den Dossirungen, so ergiebt sich, dass auf jeden Quadratfuss benetzte Fläche täglich etwa drei Viertel Kubikfuss Wasser abzog.

Dem zuletzt beschriebenen Thonschlage hat man, wie erwähnt, auch groben Kies zugesetzt. Dieses ist auch anderweit gebräuchlich. So benutzt man z. B. an dem Canal du Centre zu diesem Zwecke eine natürliche Ablagerung, die 30 Procent groben Kies, eben so viel feinen Sand und 40 Procent fetten Thon enthält<sup>\*)</sup>. Auch in England wird den Thonwänden meist grober Kies zugesetzt. Der Zweck desselben scheint kein anderer zu sein, als der des Steinschlages im Béton, oder der Bausteine in der Mauer. Man verwendet das Bindemittel nur soweit, als es zur Füllung der Fugen erforderlich ist, es soll aber keineswegs den ganzen Raum füllen. Der Mörtel, wenn er nicht sehr hydraulisch ist, schwindet beim Erhärten, und dasselbe geschieht in noch weit höherem Grade, wenn der zähe Thon ausknetet. Es ist bereits mehrfach darauf aufmerksam gemacht, dass ein Thonbette beim Trocknen ganz undicht wird, und indem bei der nächsten Füllung das Wasser die Fugen durchströmt und mittrifft, so hört die Wirksamkeit des Thonbettes vollständig auf, und stellt sich auch nicht wieder her. Wenn nun grosse Quantitäten Sand und Steine dem Thone zugesetzt sind, so tritt zwar diesem noch die entsprechende Verminderung des Volums ein, wie sie ist vergleichungsweise zur ganzen Masse viel geringer, und der Querschnitt der sämmtlichen Fugen verkleinert sich ebenfalls. Dazu kommt, dass der Sand und die Steine die Thonmasse so vielfach unterbrechen, und in sehr kleine Klümpchen zerlegen, von denen jedes einzelne beim Trocknen sich zusam-

<sup>\*)</sup> *Annales des ponts et chaussées*. 1847. I. p. 290.

menzieht und dabei aus einander reisst. Auf diese Weise lässt der Zusatz dieser Materialien eine zahllose Vermehrung Risse, aber in gleichem Masse, wie ihre Anzahl sich vermehrt, vermindert sich ihre Weite. Dieser Umstand ist überaus vorteilhaft, denn durch die engen Fugen kann das Wasser nur hindurch sickern, es greift daher die Wände nicht an und durchdringt auch nicht die Gänge, die es verfolgt. Sobald die Masse wieder feucht wird, und der Thon quillt, so treiben die Theilchen, die aus einander gerissen waren, wieder in voller Berührung, weil sie keinen Verlust erlitten haben, und die hergebrachte Wasserdichtigkeit stellt sich wieder her. Vielleicht kann man sogar annehmen, dass bei der starken Vertheilung derselbe an der Verminderung seines Volums in gewisser Weise verhindert wird, indem die Kraft, womit die einzelnen Klümpchen sich zusammen ziehn, nicht genügt, um bei so häufigen Berührungen mit andern Körpern den Bruch herbeizuführen.

Die in England zum Dichten der Kanaldämme üblichen Wände oder Puddle-Wände stimmen mit der beschriebenen Methode insofern überein, als dabei auch nicht reiner Thon, sondern ein Gemenge von Thon, Sand und häufig selbst Kieselsteine benutzt wird; ein wesentlicher Unterschied besteht aber darin, dass die Masse nicht in ziemlich festem Zustande aufgebracht, sondern durch Schlagen und Stampfen comprimirt wird; vielmehr vorher sehr stark mit Wasser versetzt, und bildet einen dicken Brei, der eben dadurch eine innige Verbindung aller Theile veranlasst. Dieser Brei würde freilich, wenn er der unmittelbaren Berührung des Wassers ausgesetzt wäre, sich leicht verweichen und jedenfalls beim starken Austrocknen sehr zerfallen; aber eine Eigenthümlichkeit der Englischen Methode besteht darin, dass der Puddle jederzeit zwischen festgestampften Schichten eingeschlossen, und von denselben jedesmal gedeckt wird.

Was die Wahl des Materials betrifft, so stimmen die Englischen Baumeister darin überein, dass reiner oder sehr feiner Thon hierzu nicht geeignet ist, vielmehr nur ein solcher verwendet werden kann, der stark mit Sand versetzt ist. Auch die Beimengung von Ackererde nicht für nachtheilig, und häufig eine solche, vorausgesetzt, dass sie im angemessenen

der Sand und Thon enthält. Welches das passendste Verhältniss zwischen diesen beiden Hauptbestandtheilen sei, ist nie vorher untersucht worden. Man pflegt auch nicht zur Prüfung des Mischungs-Verhältnisses der in der Nähe befindlichen Thone etwa durch Waschen oder Schlämmen den Sand vom Thone zu trennen, und beide Bestandtheile zu messen oder zu wiegen.

Man begnügt sich vielmehr, die Untersuchung darauf zu beschränken, dass man die Erde im Zustande der natürlichen Feuchtigkeit, oder auch wohl, nachdem man sie in einen dünnen Brei verwandelt hat, zwischen den Fingern reibt, und darnach die Härte des Gemenges und den etwa erforderlichen Zusatz ermittelt. Es darf kaum erwähnt werden, dass diese Probe höchst ungenau ist, wiewohl längere Uebung allerdings ihr einen gewissen Grad von Genauigkeit geben kann. Im Allgemeinen darf man annehmen, dass der Antheil an Sand stets grösser, als der an Thone sein muss.

Zubereitung des Thonbreies, den man Puddle nennt, erfolgt auf gleicher Weise, wie Mörtel angemacht wird. Indem man zuweilen sehr grosse Massen gebraucht, so müssen die Vorrichtungen in entsprechender Weise getroffen sein. Die für gerachtete Erde mit dem etwa erforderlichen Zusatze an Thon wird auf einem hölzernen Boden, und zuweilen in hölzernen Kasten ausgebreitet, mit dem nöthigen Wasser benetzt und so lange durchgearbeitet, bis ein ganz gleichförmiger Brei gebildet ist. Will man Kies oder feine Steine zusetzen, so geschieht dieses sogleich bei der Zubereitung des Gemenges, und unmittelbar darauf wird dasselbe in Handkarren verladen und mit der Schippe regelmässig ausgeworfen, so dass eine ziemlich gleichförmige Dicke entsteht.

Man beginnt es darauf an, den Kanal mit einer Thonlage unter der Sohle zu versehen, wie Fig. 364 zeigt, so wird vorher das Bett des Kanals bis zu der Sohle der Sohle vollständig vorbereitet, auch durch Abräumen gehörig geebnet. Die Lage wird alsdann etwa in der Stärke von 8 Zoll aufgebracht. Eine zweite Lage kommt nicht früher darüber, als die erste ziemlich steif geworden ist, indem das darin befindliche Wasser sich theils in den Boden gezogen hat, und theils

verdunstet ist. Die ganze Stärke des Thonbettes ist sehr verschieden. Mindestens besteht es aus zwei Lagen, häufig wird es aber auch 2 bis 3 Fuss hoch geschüttet. Nachdem es vollendet und einigermaassen abgetrocknet ist, bringt man wieder, wie die Figur zeigt, die Lagen gewöhnlicher Erde darüber, und bräunt diese durch Abrammen oder durch Schlagen.

Wenn dagegen, wie in Fig. 365 dargestellt ist, die Kanaldämme dergleichen Thonwände enthalten sollen, so pflegt man mit diesen immer bis in den gewachsenen Boden herabzugehen, so dass sie noch einige Fuss tief darin eingreifen. Zu diesem Zwecke hebt man, bevor die Anschüttung beginnt, einen Graben mit möglichst steilen Wänden aus, und füllt denselben mit der zubereiteten Thonbrei in verschiedenen Lagen an, indem man je folgende nicht früher aufbringt, als bis die vorhergehende der grössten Theil des darin enthaltenen Wassers verloren hat und steif geworden ist. Alsdann beginnt man die Anschüttung an beiden Seiten des Grabens, sorgt aber dafür, dass in diesen die trockne Auftragserde nicht hineinfällt, weil dadurch der Zusammenhang der Thonwand unterbrochen, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung gegeben sein würde. Am passendsten dürfte es sein, zu beiden Seiten des Grabens Bretter aufzustellen, und gegenseitig leicht abzusteifen. Sobald man aber eine Erdschicht aufgebracht hat, so wird die Thonwand eben so weit durch Aufbringen einer neuen Schicht von Puddle erhöht. Die Bretter, welche nunmehr entbehrlich sind, werden sogleich beseitigt, und die Erdschicht wird angerammt, wodurch ihr genauer Anschluss an die Thonwand bewirkt wird. Auf diese Art bleibt die Thonwand stets in gleicher Höhe mit dem Erdamme, und die Ausführung verursacht die mindeste Schwierigkeit. Dagegen verfährt man zuweilen auch in andrer Weise, indem man zuerst den Erdamm vollständig aufführt, und nachdem er seine ganze Höhe hat, und die einzelnen Schichten wie gewöhnlich abgerammt worden, hebt man darin den Graben für die Thonwand aus, und um eine zu starke Verbreitung wegen der Böschungen zu verhindern, steift man ihn, so weit es nöthig ist, leicht ab, und füllt ihn dann wieder lagenweise mit dem Thonbrei an. Dieses Verfahren ist indessen wohl nur anwendbar, wenn der Kanaldamm keine bedeutende Höhe hat. Die Figuren 368, 369 und 372 zeigen noch Thonwände von



erer Stärke, und zwar in den Abschlussdämmen für Speise-  
voire.

Noch verdient Erwähnung, dass man bei dem in neuerer Zeit  
ten Abschlussdamme vor dem sogenannten Bann-Reservoir in  
Nähe von Dublin auch Torf benutzt hat, um die Bildung  
Wasseradern zu verhindern. Der Damm ist 45 Fuss hoch,  
in der Mitte desselben befindet sich eine Puddle-Wand, die  
12, oben 8 Fuss stark ist. Vor derselben, nämlich auf der  
Reservoir zugekehrten Seite befindet sich die Torfwand von  
der Stärke. Sie besteht aus regelmässig gestochenen, sehr  
trocken und ganz ausgetrockneten Torfstückchen, die man vor-  
her verpackt und alsdann schichtenweise festgerammt hat. Der  
Zweck derselben ist, dass sie beim Zutreten der Feuchtigkeit  
zusammenfallen und dadurch einen wasserdichten Schluss bilden sollen.\*)  
Man hat bei demselben Damme den Torf auch als Unterlager  
für den Kies benutzt hat, worauf das Steinpflaster ausgeführt wor-  
den ist bereits oben erwähnt (§. 123).

Wenn der Kanal in einem klüftigen Felsboden aus-  
geführt ist, wobei die Wasserverluste sehr bedeutend zu sein pfle-  
gen, so ist die Anwendung eines Thonbettes von wenig Erfolg,  
dasselbe sich mit dem Untergrunde nicht verbindet, auch nicht  
ganz richtig daran anschliesst. In diesem Falle ist es weit an-  
rathlicher, eine vollständige Uebermauerung der Sohle vorzu-  
nehmen, wofür man jedoch gemeinhin lieber Bétonschüttun-  
gen wählt. Dieses Mittel wird auch angewendet, wenn sehr  
geringer Kies den Untergrund bildet. Dieses ist an einzelnen Stellen  
des Marne-Rhein-Kanales geschehen, und man hat das Betonbette  
dort ungefähr einen Fuss stark gemacht. An dem Rhein-  
kanal hat man von diesem Mittel nur in den Fällen Ge-  
brauch gemacht, wenn bei höherem Stande des Rheines das Grund-  
wasser sich über den Horizont der Kanalsohle erhebt, wo also  
bei der oben beschriebenen Dichtung durch Thon zu besorgen war,  
dass die Filtration in verkehrter Richtung, nämlich von unten nach  
oben eintreten könnte, in welchem Falle augenscheinlich die be-  
stehende künstliche Dichtung durch Thon oder Sand sogleich auf-  
gehoben werden würde.

\*) Weale's quarterly Papers on Engineering. Vol. IV. Part. I.



Eben diese Umstände machten bei der Ausführung des Bétonbettes eine grosse Vorsicht nothwendig. Wenn nämlich, nachdem der Béton geschüttet, aber noch nicht erhärtet war, ein hoher Wasserstand eintrat, so würden die Quellen gleichfalls den noch weichen Béton durchdringen. Und selbst hiervon abgesehen, war zu besorgen, dass bei jeder Aenderung des Grundwassers ein Druck von der einen oder der andern Seite entsteht, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung geben konnte. Um dieses zu verhindern, stellte man absichtlich weit geöffnete Verbindungen zwischen dem Kanale und dem Grundwasser dar, indem man Tonnen ohne Boden in die Kanalsohle eingrub, deren oberer Rand mit der beabsichtigten Höhe des Bétonbettes übereinstimmte. Hierdurch konnte das Wasser im Kanale sich mit dem Grundwasser immer ins Niveau stellen, und nachdem der Béton schon einzelnmassen erhärtet war, und sonach ein stärkerer Druck nicht mehr nachtheilig wirken konnte, so schloss man die Tonnen mit Klappen und füllte den Kanal durch die obern Schleusen mit Wasser an. Traf es sich alsdann, dass das Grundwasser in Folge der Fluthen des Rheins sich hob, und den zufälligen Wasserstand im Kanal übertraf, so schlugen sogleich die erwähnten Klappen auf, und der Druck gegen das Bétonbette verschwand, der dasselbe bei dessen grosser Breite und geringen Stärke hätte zerbrochen können (§. 47).

Eine der ersten Anwendungen des Bétons zum Dichten von Kanälen wurde beim Bau des Kanales St. Martin in Paris gemacht. Ohnerachtet man vorher durch Bohrungen, und so weit es möglich war auch durch sonstige Untersuchungen sich von der Beschaffenheit des Baugrundes die nöthige Kenntnisse zu erwerben bemüht hatte, so ereignete sich bei der Ausführung dennoch ein ganz unerwarteter Fall, der die grösste Vorsicht in Anspruch nahm und die Kosten sehr bedeutend vermehrte. Man war nämlich, obwohl man sich in den Ringmauern der Stadt befand, wo viele grosse und schwere Gebäude standen, an einen alten Gypsbruch gekommen, der vielleicht vor Jahrhunderten betrieben, ausgedehnte Galerien unter den jetzigen Strassen und Häusern bildete. Beim Aufbrechen der Gypslagen, um den Kanal darzustellen, entdeckte man plötzlich den leeren Raum in der Tiefe und gerade unter dem Kanale. Nachdem man durch Bohrungen, die nunmehr in

Kanallinie sehr zahlreich vorgenommen wurden, sich von der der Galerien vollständige Kenntniss verschafft hatte, eröffnete dieselben überall, wo sie leicht zugänglich waren, füllte sie dem aus dem Kanalbette gewonnenen Material an, mauerte auch die Oeffnungen zu, und überdeckte die Kanalsohle mit einer Bétonbette von etwas über 1 Fuss Stärke. Indem man sich mit Recht besorgte, dass der Béton leiden könnte, wenn bei den jährlich zu erwartenden Reparaturen des Kanals trocken gelegt würde, so brachte man über dem Béton noch eine Erdschüttung an.

In andern Fällen hat man das Bétonbette noch schwächer gemacht. So ist es z. B. bei dem Kanal du Centre nur etwa 6 Zoll stark, aber um so nöthiger wird es alsdann, dasselbe durch darüber gelegte Erdschicht gegen den Einfluss der Witterung, selbst gegen zufällige äussere Beschädigungen zu sichern. Die Erdschüttungen, die man bis 1 Fuss stark macht, liegen über der horizontalen Sohle sehr sicher, können also an Kanälen, die mit senkrechten Mauern eingeschlossen sind, leicht ausgeführt werden. Wenn dagegen, wie gemeinhin geschieht, nur Erddossine zu beiden Seiten die Sohle begrenzen, und auch diese durch eine gegen Filtration gesichert werden sollen, so verursacht die Neigung der Erdschüttung auf der geneigten Oberfläche des Kanals an den Seiten des Kanals grosse Schwierigkeiten, indem die Erde von diesen herabzugleiten pflegt. Man hat diesem Uebelstande dadurch begegnet, dass man in den Kehlen zwischen der Sohle und der Dossirung ein Prisma aus Béton vortreten lässt, von äusserer Rand bis zur Oberfläche der Erdschüttung reicht. Dieses Mittel ist namentlich beim Rhein-Rhone-Kanal angewendet worden.

Es muss hier noch erwähnt werden, dass Kanalstrecken, die nur aus einem Bétonbette auf der Sohle und mit Mauern zu beiden Seiten versehen sind, durch Filtration gar keine Verluste erleiden. Man führt in dieser Beziehung eine Strecke des Kanals du Centre als Beispiel an, in welcher der Wasserstand, wenn die Zuflüsse und Abflüsse von den angrenzenden Kanalstrecken abgeschlossen waren, nur von der Witterung abhing. Bei trockener und warmer Witterung senkte sich der Wasserspiegel, nach Maass der Verdunstung, hob sich aber, sobald es regnete. Dieses

Verhalten trat indessen nur ein, nachdem die Manern angelegt waren, was jedoch immer in sehr kurzer Zeit nach der Vollendung geschieht (§. 119).

Endlich wäre zu erwähnen, dass man sich in neuerer Zeit auch des Asphaltes zur Verhinderung der Filtration bedient. Dies geschieht indessen nicht in den Kanalstrecken, die im natürlichen Boden eingeschnitten, oder zwischen Dämmen durchgeführt sind, vielmehr allein in den Brückenkanälen, also in dem Falle, wo die Sohle und die Seitenwände von Mauerwerk getragen werden. Die nähere Beschreibung daher später (§. 128) eine passendere Stelle finden.

### §. 127.

#### Unterirdische Kanalstrecken.

Wenn das Terrain über den Wasserspiegel des Kanals immer mehr erhebt, so kommt man zu einer gewissen Grenze, von welcher ab es vortheilhafter ist, den Kanal unterirdisch zu führen, als den tiefen Einschnitt noch weiter fortzusetzen. Wenn man diese Grenze nur nach der zu beseitigenden Erd- und Wasser- masse bestimmen, so würde sie schon einer sehr mässigen Kanalhöhe entsprechen. Diese Ansicht bestätigt sich noch, wenn man die Gefahren berücksichtigt, denen die Böschungen der tiefen Einschnitte ausgesetzt sind, auch ist es häufig ein grosser Vorzug, wenn die Oberfläche des Bodens ganz unangetastet in der bisherigen Art benutzt werden kann, während man bei grosser Breite, namentlich für die beiderseitigen Dossirung, kaufen und abgraben muss, wenn man einen offenen Kanal darstellen will. Andererseits treten aber auch der Anlage von unterirdischen Kanalstrecken sehr grosse Schwierigkeiten entgegen, die im Allgemeinen grösser sind, und deren Ueberwindung kostbarer ist, als die eben erwähnten bei mässiger Tiefe zu pflegen. Man findet es deshalb vortheilhaft, Anhöhen von geringer Höhe durch offene Einschnitte zu durchstechen, und häufig man diese selbst bei noch grösserer Höhe.

Diese Schwierigkeiten beziehen sich theils auf die beschränkten Räume, in welchen das Ausgraben der Erde, das Ausbrechen und selbst das Sprengen des Gesteins vor-

en wird, und worin zugleich das Fortschaffen des gelösten Materials und sogar das Ausschöpfen des Wassers erfolgen muss. Amnächst findet man selten ein Gestein, welches so fest ist, dass ein späteres Abbrechen und Abstürzen grösserer Massen nicht zu besorgen wäre, und welches daher keiner Bekleidung und Unterstützung bedürfte. Wenn diese aber nöthig wird, so verursacht deren Ausführung, oder die Ueberwölbung des Kanales neue und sehr grosse Schwierigkeiten. Hierzu kommt, dass man in dem losen Gesteine und in aufgeschwemmtem Boden schon während der Ausführung die Decke und die Wände sichern, und in einer Weise absteifen muss, dass die übrigen Arbeiten dadurch nicht verhindert und namentlich die Erd- und Materialtransporte nicht unterbrochen werden. Wenn man vollends einen stark durchlässigen Boden antrifft, und bedeutende Quellen sich in den Wänden ergiessen, so steigert sich die Verlegenheit oft übermässig, und es giebt Beispiele, dass man aus diesem Grunde angefangene Arbeiten unbeendet lassen und ganz aufgeben musste. Ebenfalls hat aber der erleichterte Abfluss des Wassers aus dem Boden eine starke Senkung des Grundwassers zur Folge, welche auf die Nutzbarkeit der darüber liegenden Flächen einen höchst nachtheiligen Einfluss äussern kann. Dieser Uebelstand tritt zwar auch bei offenen Einschnitten ein, doch nur in geringerem Maasse, weil die Flächen, die dabei leiden, seitwärts liegen, also entfernt sind und die Wirkung deshalb geringer wird. Durch die Ausführung der längern unterirdischen Strecke im Kanale St. Quentin wurde das Grundwasser etwa 20 Füsse tief gesenkt und dadurch in den nahe liegenden Dörfern nicht nur eine grosse Verlegenheit wegen der sehr erschwerten Beschaffung des Wassers herbeigeführt, sondern der Boden wurde auch so trocken, dass die Culturfähigkeit, die schon früher nur mässig war, fast ganz aufhörte.

Wenn aber alle Schwierigkeiten der Ausführung überwunden, und der unterirdische Kanal vollendet ist, so ist auch dessen Benutzung stets sehr unbequem und mit manchen Beschwerden verbunden. In vielen Fällen sind letztere sehr gross und es treten sogar wirkliche Gefahren hinzu. Selbst kürzere Strecken von nur 100 Ruthen Länge sind, sobald man aus dem vollen Tageslichte hineintritt, ganz dunkel. Menschen, wie Pferde, gehen da-



her auf dem Leinpfade viel unsicherer, als neben offenen Kanalstrecken, und doch erfordert der Zug der Schiffe dasselbe eine grössere Anstrengung, weil man den Kanal stark beengt in dem Gewölbe oder auch der freitragenden Decke den natürlichen Felsboden keine zu weite Spannung zu geben. Dabei trägt fast immer die Erdfeuchtigkeit durch die Decke und das Gewölbe herab und macht den Leinpfad schlüpfrig. Ein heftiger Wind stellt sich beinahe fortwährend bald in der einen und bald in der andern Richtung ein, so dass ein Licht nur in einer wohl verschlossenen Laterne brennt. In der längern unterirdischen Strecke des Kanales von St. Quentin war der Wind oft so heftig, dass er die Schiffe zurücktrieb, und dieselben in der einen Richtung nicht fortgeschafft werden konnten. Diesem Uebelstande liess sich nur dadurch vorbeugen, dass man ein grosses hölzernes Thor einrichtete, welches an Gegengewichten hängend, von oben herabgelassen wird, während Schiffe den Kanal befahren. Zum Vorbeifahren der Schiffe haben diese Strecken niemals die erforderliche Breite, wiewohl man in einzelnen Kanälen in England, die besonders viel benutzt werden, zwei unterirdische Strecken parallel neben einander eingerichtet hat. Endlich ist auch die feuchte und kalte Luft, besonders in heissen Tagen, der Gesundheit nachtheilig, und das vielfache Echo macht jeden Zuruf des Schiffers an die Schiffszieher und die Schiffsknechte unverständlich.

Alle diese Umstände und besonders die Schwierigkeiten der Ausführung sind Veranlassung, dass man ganz allgemein die Aufstellung von Kanalprojecten sich bemüht, die unterirdischen Strecken, wenn es sein kann, ganz zu vermeiden, oder wenn dieses gar zu kostbar ist, ihre Ausdehnung auf das geringste Maass zu beschränken.

Bei Bestimmung des Profiles für eine unterirdische Kanalstrecke muss man vorzugsweise darauf Bedacht nehmen, die Weite desselben möglichst zu ermässigen, ohne jedoch den Durchgang der Schiffe zu sehr zu erschweren oder gar zu un bequem zu machen. Bei einem tiefen Einschnitte werden die Ufer nur in geringem Maasse gesteigert, wenn man den Kanal selbst, oder die Leinpfade etwas verbreitert: sie sind nicht entfallen dieser Verbreiterung proportional, weil die Darstellung der beiden seitigen Dossirungen, die von der Breite ganz unabhängig sind,



genden Einfluss auf die Kosten der ganzen Ausgräbung.

Bei einer unterirdischen Kanalstrecke dagegen vermehrt die Masse des auszubrechenden Materials nur für den untern Theil des Profiles im Verhältniss zur Breite, für den obern dagegen, der durch eine gewisse Kurve begrenzt wird, ist die dem Quadrate der Breite proportional. Die zu fördernde oder Steinmasse entspricht aber wieder nicht den ganzen Kosten, weil die Beseitigung jener und besonders die Sicherung der Decke und Seitenwände um so schwieriger wird, je die Dimensionen und besonders die Breite grösser ist.

Aus diesem Grunde beschränkt man das eigentliche Kanalprofil jedesmal so weit, dass nur ein Schiff darin fahren kann, ein Begegnen zweier Schiffe in der unterirdischen Strecke statt finden darf. Nichts desto weniger ist es nicht zulässige Beschränkung so weit zu treiben, dass der eintauchende Theil des beladenen Schiffes beinahe das ganze Profil sperrt, sonst der Widerstand übermässig gross werden würde. Man lässt daher die Breite des Kanales um den vierten bis dritten grösser annehmen, als die der Schiffe, so dass auf jeder Seite zwischen dem Bord des Schiffes und der Kanalwand noch Raum von 2 bis 3 Fuss Breite frei bleibt. Diese Vermehrung der Breite lässt sich aber zum Theil wieder dadurch aufheben, dass man die Leinpfade überkragt, wie am Marne Rhein-kanal geschehn ist (§. 118). Die Figuren 375 und 376 auf LXXXVI zeigen das für diesen Kanal in den unterirdischen Theilen gewählte Profil. Im Kanal von St. Quentin hat man früher Weise das Profil zu vergrössern gesucht. In dem kleinen Souterrain ruhen nämlich die Leinpfade zu beiden Seiten auf Pfeilern von 18 Zoll Stärke, die übereinstimmend mit den Pfeilern 4 Fuss weit vorspringen. Ueber dieselben sind flache Böden gespannt, welche die Leinpfade bilden. Ihr gegenseitiger Abstand misst 22 Fuss. Obwohl nun die Seitenwände des Kanals bis zur Höhe der Leinpfade stark geböschet sind, so ist zwischen diesen Pfeilern doch bedeutende mit Wasser angefüllte Räume oder Nischen, die, wenn sie unter sich auch nicht Verbindung stehn, dennoch die Circulation des Wassers während des Durchganges eines Schiffes etwas erleichtern. Bei dem kürzeren Souterrain ist indessen wegen der grossen Breite

des Bettes in dieser Beziehung die Schwierigkeit nicht bedingt. Anders verhält es sich mit dem längern Sou terrain des Kanales, das in einem sehr rohen Zustande, und eigentlich unfertig der Schifffahrt übergeben, und erst 20 Jahre später germanessen vollendet wurde. Das Kanalbetto ist darin nur 16 Fuss breit, es ist also ungefähr auf die Weite in den Haupt-Schleusen beschränkt. Zu jeder Seite liegt ein 4 Fuss breiter Leinpfad. Diese waren, als ich sie 1823 sah, weder unten mit Mauern verkleidet, noch oben mit festen Steinen eingedeckt, sie bestanden vielmehr nur aus dem natürlichen Kreideseifen, den man zu diesem Zwecke hatte stehn lassen, und der theils ausgebrochen, und zwar grossentheils nach dem Kanale zu, und theils von dem darauf tröpfelnden Wasser sehr schwärzlich war. Das Begehen desselben war bei der vollkommenen Dunkelheit überaus gefährlich. Er wurde deshalb auch gar nicht benutzt. Um den Widerstand der hindurchgehenden Schiffe zu mindern, und dem Wasser Gelegenheit zum Vorbeisliessen zu geben, liess man in der Sohle eine 4 Fuss tiefe Rinne eingesprengt, deren Breite etwa 10 Fuss betrug. Dieselbe hatte ursprünglich den Zweck, die starken Quellen abzuleiten, die man während der Ausführung antraf, und die auf der horizontalen Kanalsohle abflossen. Man gab der Sohle daher nach beiden Enden ein stärkeres Gefälle, und hieraus bildete sich dieser Graben, der später auch in der Mitte der Strecke durchgeführt ist.

Die Vertiefung der unterirdischen Kanalstrecken ist ohne Zweifel ein sehr passendes Mittel, um den Widerstand der hindurchgehenden Schiffe zu mässigen, ohne die Weite der Aussprengung zu vergrössern. Doch tritt dabei die Schwierigkeit ein, dass man während der Ausführung alsdann das Quellwasser abseits zu leiten kann, wenn man nicht den anschliessenden offenen Graben derselben Kanalstrecke eben soviel vertieft, was bedeutende Kosten verursachen dürfte. Telford hat dagegen bei Ausführung des neuen Kanales einen andern, eben so zweckmässigen Weg eingeschlagen, bei dem die erwähnte Schwierigkeit nicht eintritt. Er liess nämlich den ganzen unter dem Leinpfade befindlichen Raum ausfüllen, das Vorbeisliessen des Wassers nutzbar. Der Kanal, der für die kleine Schifffahrt bestimmt, ist nur wenig breiter, als die hindurchgehenden Schiffe, aber der Leinpfad hat noch eine Breite

und der Wasserspiegel setzt sich unter denselben fort, dass, wie beim Kanal von St. Quentin, vortretende Pfeiler die von einander getrennte Nischen bilden. Die ganze Con- von ist massiv, aber die Unterstützung des Leinpfades ist Holzverbindungen nachgebildet. Auf der Sohle des Kanales, einem flachen umgekehrten Gewölbe bestehend, sind in Ab- von 6 Fuss steinerne Säulen aufgestellt, und diese sind durch steinerne Rahmstücke unter sich, theils durch eben Balken mit dem Mauerwerk zur Seite verbunden, und platten darüber bilden die Sohle für den chaussirten Lein-

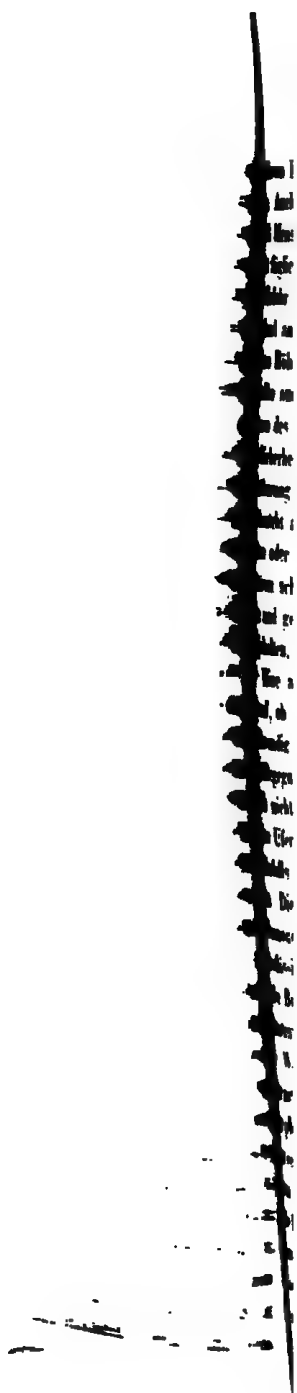
Die Widerlager oder Seitenmauern dieses Kanales sind uns weder senkrecht aufgeführt, noch von dem eigentlichen lbe scharf getrennt, vielmehr erstreckt sich, wie bei Eng- Kanälen häufig geschieht, ein Gewölbe von eiförmiger Ge- über die ganze Profil-Oeffnung, und schliesst dieselbe bis Sohle ein.

Demnächst entsteht die Frage, ob in den unterirdischen Kanal- Leinpfade überhaupt nothwendig, und wie dieselben assendsten einzurichten sind. Als unentbehrlich kann man cht bezeichnen, da sie bei manchen Kanälen wirklich fehlen, ie bei andern, wo sie eingerichtet sind, dennoch nicht be- werden. So sah ich durch das grosse Souterrain des Ka- von St. Quentin Schiffe hindurchgehn, die nicht gezogen en, indem das Betreten der Leinpfade sowohl durch Menschen durch Pferde gar zu gefährlich war. Das Manöver des chiebens bestand darin, dass zwei Männer sich flach auf Schiff legten, so dass ihre Füsse über Bord reichten und die rechten Kanalwände vor den Leinpfaden berührten. Indem sie en Füssen, und zwar an beiden Seiten des Schiffes gleich- rückwärts stiessen, so drängten sie das Schiff vorwärts. wurde ihre Bewegung ganz regelmässig und sie setzten die e in gleicher Weise vor, und stützten sich eben so auf die- n, als wenn sie eine schwere Last zögen. Der Unterschied ad nur darin, dass ihre Körper sich in horizontaler Lage den und sie auf senkrechten Wänden fortschritten.

Etwas verschieden ist die Art, wie die Schiffe durch die irdischen Strecken des Bridgewater-Kanales geschoben wer- Dasselbst befinden sich keine Leinpfade, und die gewölbte

des Bettes in dieser L. Anders verhält es sich im Kanale, das in einer unfertig der Schiffahrt germaassen vollendet breit, es ist also in Schleusen beschränkt Leinpfad. Diese waren mit Mauern verkleidet, sie bestanden vielmehr man zu diesem Zweck ausgebrochen, und theils von der Höhe war. Das Begehren überaus gef. Um den Widerstand und dem Wasser man in der See Breite etwa 10 den Zweck, die Ausführung zu abflossen. Mit stärkeres Geschütz später auch

Die Vor- Zweifel ein- gehenden See zu vergrößern man während seitigen Kanals derselben Kanäle verursachen Kanäle ein- bei dem den nämlich den das Vortheil kleine Schiff- gehenden See





dem Falle darf an jede Leine nur ein Pferd gespannt werden. Auch wenn der Leinenzug nicht durch Pferde, sondern Menschen ausgeübt wird, kann man die Breite desselben häufiger geringer annehmen. Zur vollständigen Beseitigung der Gefahr ist es aber in beiden Fällen noch nothwendig, wie in England auch sehr oft geschieht, ein leichtes Geländer von einer gewissen Höhe vor dem Rande des Leinpfades anzubringen. Wenn die Höhe auch nicht so stark ist, dass es bei heftigem Gegenwärtigen des Pferdes nicht durchbrechen kann, so ist dennoch für die Sicherheit schon sehr viel gewonnen, sobald es die zu grosse Neigung des Pferdes an den Rand des Leinpfades verhindert. Das Geländer besteht aus eisernen verstrehten Stielen, die durch einen hölzernen oder eisernen Rahmen verbunden und überdeckt sind. Auf demselben schleift die Leine, und er muss in der Oberfläche ganz eben und gehörig geglättet sein, damit die Leine weder irgendwo hängen, noch auch stark abgerieben wird.

Eine andre Frage in Betreff des Leinpfades bezieht sich darauf, ob man nur einen anbringen darf, oder ob zwei derselben nöthig sind. Das letztere ist jedenfalls entbehrlich, insofern es bequemen von zwei Fahrzeugen in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden kann. Wenn aber der Leinpfad vor dem Ufer an beiden Enden des Souterrains abbricht, so muss jedenfalls für einen bequemen Uebergang der Pferde gesorgt werden.

Die Gelegenheit dazu bietet sich auch von selbst hinter den Mauern, welche die unterirdische Strecke begrenzen. Eine gewisse Höhe hat das Gewölbe nicht, und danach würde jeder eine Brücke, die in dem tiefen Einschnitte doch keine anderweitige Unterstützung findet, eben so hoch erbaut werden müssen.

Was endlich die Form und Höhe des Gewölbes oder der natürlichen Ueberdeckung des Kanals und Leinpfades betrifft, legt man bei den neuern Anlagen dieser Art immer darauf, dass nicht nur über dem Schiffe, sondern auch über dem Leinpfade hinreichender Raum bleibt, um nicht etwa gegenwärtig zu stoßen. Gemeinhin führt man die Seitenwände noch 6 Fuß hoch über den Leinpfad senkrecht herauf, ehe das Gewölbe beginnt. Wenn man aber, wie in England oft geschieht, die Ueberlagerung vom dem Gewölbe nicht trennt, sondern von dem Rande des Kanals einen eisernen oder elliptischen Bogen her-



ginnen lässt, der ohne Unterbrechung das ganze Profil einschliesst, und auf der andern Seite wieder eben so tief herabfällt, so pflegt der Theil des Bogens, dessen Tangente die lothrechte Linie ist, oder der den grössten horizontalen Durchmesser begrenzt, einige Fuss hoch über dem Horizont des Leinpfades zu liegen. Die letzte Anordnung des Bogens gewährt den Vortheil, dass auch die Seitenwände gegen ein sonst mögliches Eindrücken gesichert werden. In einzelnen Fällen, wie z. B. in dem Souerrain bei Blisworth auf dem Grand-Junction-Kanale, hat man sogar das umgekehrte Gewölbe, welches die Sohle überdeckt, mit dem oberen Bogen verbunden, und sonach ein ganz geschlossenes Gewölbe dargestellt, dessen Profil eine vollständige Ellipse bildet. Dasselbe stimmt sonach, wenn man von den grössern Dimensionen absteht, mit dem Fig. 114 b auf Taf. XI dargestellten Abzugs-Kanale überein.

Bei den Französischen Kanälen ist es üblich, die Gewölbe über den Souerrains als gewöhnliche Tonnengewölbe aufzuführen, die also volle Halbkreise im Profile darstellen. In England weicht man hiervon, wie bereits erwähnt, gemeinlich ab, und wählt dafür elliptische oder ähnliche Bogenformen. Der Thames-Medway-Kanal ist aber mit einem Gewölbe überdeckt, dessen Querschnitt einen Spitzbogen darstellt. Diese allerdings auffallende Anordnung dürfte sich rechtfertigen, insofern andere Bogenformen unter dem starken Erddrucke sich gerade in dem Scheitel oft verändern und etwas eingedrückt werden. Ein zweiter Grund dafür ist aber die Erfahrung, dass bei Durchbrechung eines festen Gesteins, das sich fortwährend oder wenigstens anfangs frei trägt, eine ähnliche Form sich von selbst darzustellen pflegt. Gerade der obere, horizontale Theil der Decke ist am wenigsten gesichert, und wird nur dadurch gehalten, dass man das Gestein hier noch weiter ausbricht und eine tiefe Kehle, wie im Spitzbogen, darstellt. Die Form des Spitzbogens ist aber bei hoher Uebermauerung vollständig begründet, wenn der Scheitelpunkt des Gewölbes einem überwiegend starken Drucke ausgesetzt ist. Bei Anwendung horizontaler Mauerschichten findet dieses in der That statt, und bei geschichteten Gebirgsarten ist dasselbe der Fall. Ganz allgemein kann man aber wohl annehmen, dass bei der Eröffnung des Stollens und den unregelmässigen Zerklüftungen, die dabei eintreten,

ruck des darauf lastenden Bodens gerade in der Mittellinie  
 arksten ist, und hieraus rechtfertigt es sich schon, dieser  
 den geringsten Krümmungshalbmesser zu geben, also eine  
 für den Bogen zu wählen, die, wenn sie auch nicht in eine  
 Kante ausläuft, sich doch einer solchen nähert.

Es ist bereits erwähnt worden, dass man bei sehr lebhaftem  
 zwei unterirdische Strecken neben einander aus-  
 damit die Schiffe, ohne auf einander warten zu dürfen, gleich-  
 in beiden Richtungen hindurchgehn können. Diese Anord-  
 aus den oben angeführten Gründen auch weniger kostbar,  
 man man einen einzelnen Kanal mit doppelten Leinpfaden  
 an solcher Breite ausführen wollte, dass zwei Schiffe sich  
 vorbeifahren könnten. Man dürfte vermuthen, die Schwierig-  
 solcher Anlage würden noch wesentlich dadurch vermindert,  
 man zuerst ein Souterrain ausführt, und nachdem dieses  
 ist, das zweite unmittelbar daneben in Angriff nimmt. Wenn  
 nämlich vom ersten in das zweite durch vielfache Verbin-  
 übergeht, so tritt eine wesentliche Erleichterung in der  
 gung des gelösten Materials ein, welches durch das erste  
 abgefahren werden kann, und ausserdem findet durch  
 auch das Quellwasser des zweiten seinen natürlichen Ab-  
 gang.

Der Horizontaldruck der Gewölbe gestattet indessen nicht,  
 diesen Vortheilen Gebrauch zu machen. Minard führt an,  
 man in dem Souterrain bei Batignoles auf der Eisenbahn  
 St. Germain in dieser Weise zuerst die eine Galerie, und  
 wenn dieselbe vollendet war, unmittelbar daneben die zweite  
 an, dass jedoch das Gewölbe der erstern die schmale Zwischen-  
 herausdrückte, sobald diese durch Eröffnung der zweiten  
 ihre Unterstüztung verlor. In dem Kanale Grand-Trunk  
 es dergleichen doppelte Kanalstrecken vor, sie werden aber  
 eine natürliche Zwischenwand von über 70 Fuss Stärke  
 voneinander getrennt.

Die Ausführung der unterirdischen Kanalstrecken gehört  
 zum Bergwerksbau, als zum Wasserbau, und man wird sie  
 leicht vornehmen, ohne geübte Steiger und Knappen dabe-  
 zu brauchen. Eine specielle Beschreibung aller einzelnen dabe-  
 kommenden Arbeiten kann demnach hier umgangen werden, und  
 man hat nur darauf an, sie im Allgemeinen zu bezeichnen.

Sobald man die Richtung und Höhenlage der unterirdischen Kanalstrecke ermittelt hat, muss man zunächst durch Bohren auch wohl durch Hernabtreiben einzelner Schachte, die bei späterer Ausführung wieder benutzt werden können, sich möglichst genaue Kenntniss von der Beschaffenheit des Grundes zu erwerben suchen. Es kommt aber nicht nur auf an, die Formation im Allgemeinen zu kennen, sondern muss auch wissen, ob das Gestein, welches man antrifft, in zusammenhängenden Massen steht, ob und in welcher Richtung geschichtet, oder ob es geklüftet ist; ob es an der Luft oder vom Froste leidet, und namentlich auch, ob man auf Quellen sich gefasst machen muss. Diese Umstände haben die Art der Ausführung wesentlichen Einfluss.

Am leichtesten ist die Ausführung, wenn das Gestein dicht gelagert und fest ist, auch beim Zutritt der Luft nicht zerfällt. Alsdann bedarf der Kanal keiner Ueberwölbung. Ein solcher Fall kommt indessen nur selten vor. Gewöhnlich ist der Felsboden an den Seiten und in der Decke eine Umschlingung mit Mauerwerk nothwendig, um entweder nur den Zutritt der Luft vom Gestein abzuhalten, welches sonst leiden und fortwährend abbröckeln würde, oder um das darauf liegende Gebirge oder Erdmasse vollständig zu tragen. Im letzten Falle muss die Wölbung 2 bis 3 Fuss stark werden, während eine leichte Ueberwölbung im ersten Falle genügt. Bei starkem Zudrange des Wassers erfordert die Beseitigung desselben ganz besondere Vorrichtungen, und wenn es vollends einen losen, sandigen Boden durchzogen hat, so muss man sich auf sehr grosse Schwierigkeiten gefasst machen, die nur durch eigenthümliche Mittel überwunden werden können. Als Beispiel einer solchen Art der Ausführung des Tunnels unter der Themse später beizubringen werden.

Wollte man ein Souterrain in der Art darstellen, dass nachdem die beiderseitigen offenen Einschnitte beendigt sind, die horizontalen Stollen nur von beiden Enden aus hindurchgetrieben werden, so würde eines Theils die Arbeit ausserordentlich langwierig werden, weil nur eine geringe Anzahl von Leuten angestellt werden könnte; andererseits würde aber bei dieser Strecken auch bald die grosse Verlegenheit entstehen, dass

gehörig erneut, und so verdorben wäre, dass sie zum Ein-  
 sturz untauglich wird. In der ersten Beziehung muss noch be-  
 merkt werden, dass wenn auch, wie immer geschieht, mit Ablös-  
 en Tag und Nacht hindurch gearbeitet wird, und man selbst  
 auch im mittleren Theile Arbeiter anstellt, dennoch die  
 der Ausführung sich auf einige Jahre auszudehnen pflegt,  
 in dem Ende jeder begonnenen Stollenstrecke, oder am Kopfe  
 derselben, immer nur sehr wenige Leute ohne gegenseitige Stö-  
 rung beschäftigt werden können. Der frische Luftzug, der sich  
 später einstellt, und der oben sogar als eine grosse Unbe-  
 quemlichkeit in der Benutzung solcher Kanäle angegeben wurde,  
 tritt erst, sobald die Circulation eröffnet ist, und findet in  
 der getrennten Strecken nicht statt. In diesen ist der Uebel-  
 stand so grösser, als beim Sprengen mittelst Pulver die Luft  
 mehr verdorben wird, und oft sogar Ausströmungen von Gas-  
 arten, die beim Athmen tödtlich werden können, und bei  
 Berührung der Grubenlichte selbst Explosionen verursachen.

Man ist daher schon aus diesem Grunde gezwungen, in ge-  
 wissen Fällen Schächte abzuteufen, und dadurch den  
 Stollen mit der äussern Luft in Verbindung zu setzen. Wenn  
 man hierzu entschlossen muss, so liegt ein grosser Vortheil  
 darin, den Luftschacht gleich so zu erweitern, dass er auch als  
 Arbeitsstrecke benutzt, und von der Sohle eines jeden derselben  
 schon der Stollenbau nach beiden Seiten eröffnet werden  
 kann, so wie man vom Ende der unterirdischen Strecke bis zu die-  
 sem Punkte gelangt ist. In den senkrechten Schächten tritt aber  
 die Luftwechsel viel kräftiger ein, als in langen horizontalen,  
 weil die Verschiedenheit der Temperatur schon die Cir-  
 culation befördert. Das Verfahren bei Ausführung langer hori-  
 zontaler Strecken besteht also darin, dass man in der Richtung  
 der Strecken in gewissen Abständen Schächte abteuft, und von jedem  
 dieser Schächte, so wie auch von den Endpunkten des Souterrain-  
 baus, den Stollenbau ausführt. Der Stollen wird also, in  
 mehreren Theilen dargestellt, die anfangs von einander getrennt  
 sind, die aber sich nach und nach gegen einander verlängern,  
 endlich in Verbindung treten, und alsdann die beabsichtigte  
 Richtung in der Bildung des Kanals bilden.

Unterirdische Kanalstrecken werden in allen Fällen in ganz-



den Linien ausgeführt. Man steckt sie sehr sorgfältig Terrain ab. Dazu kann man sich eines Theodoliten, der in der Mittellinie auf dem höchsten Punkte des Gebirges so hoch aufgestellt ist, dass man von demselben leicht die ganze Linie übersieht. Indem der Vertikalkreis des Instrumentes nach den beiden Endpunkten des Souterrain wird, so liegen alle Punkte, die das Fadenkreuz des Instrumentes auf der einen und der andern Seite schneidet, in der Ebene, welche durch die Axe des Kanales gezogen ist. Ist es leicht, die gesuchte Linie und die Axen der Souterrain dem Terrain genau zu bezeichnen.

Der Abstand der einzelnen Schächte ist theils durch Schwierigkeiten bedingt, die man während der Ausfertigung des Stollens zu begegnen erwarten darf, theils aber auch durch die Zeit, in welcher der ganze Bau beendigt sein muss. Der Abstand derselben beschleunigt werden soll, um so mehr Schächte man abteufen, weil es darauf ankommt, um so mehr Arbeiter der Arbeit anzustellen. Indem aber diese Schächte sehr bedeutende Kosten verursachen, so wird dadurch auch der Bau um so theurer. Wie schwierig es auch ist, das Bedürfniss richtig zu würdigen; so muss man dennoch dieser Erwägung unterziehen, und darnach die Anordnungen treffen. Der Abstand der grossen Souterrain des Kanales von St. Quentin sind die einzelnen Schächte etwa 30 Ruthen von einander entfernt. Bei grosser Höhe des Bergrückens, oder wenn die Ausfertigung der Schächte besonders kostbar wird, legt man sie tiefer auseinander, wogegen ihr Abstand in andern Fällen nur 6 Ruthen betragen dürfte. Letzteres ist namentlich dann nöthig, wenn schädliche Gase in grosser Masse ausströmen.

Man wird augenscheinlich für die Schächte die besten Punkte aussuchen, wo das Terrain sich besonders hoch erhebt, weil dadurch ihre Länge unnöthiger Weise vergrössert wird. Andererseits darf man sie auch nicht in Vertiefungen anlegen, weil alsdann das Regenwasser in sie hineinfließen könnte. Man muss man die Stellen so aussuchen, dass das Wasser leicht abfließt, sobald es über den Rand des Stollens gossen wird. Mit Berücksichtigung dieser Umstände wird die Wahl der Punkte zu treffen, und es wäre



daß man die Schachte mit niedrigen Umwallungen anlegt, um das Zurückfließen des Wassers sicher zu machen.

Man stellt man die Schachte so, daß ihre Axen die Mitte des Kanales treffen, doch stehen sie zuweilen auch seitwärts unter den Mauern. Ihr Querschnitt ist selten kreisförmig oder quadratisch, vielmehr meist elliptisch oder oblong, weil er bei gleichem Flächenraume zur Aufstellung der Winden besser ist. Die Weite eines Schachtes misst nach Umständen 10 Fuss. Man fasst sie entweder mit Holz oder mit Eisen. Das letzte geschieht vorzugsweise, wenn ihre Benutzung voraussichtlich sich so lange ausdehnen wird, daß das Holz zwischen einer Erneuerung bedarf. Nach der Beendigung des Schachtes sind sie entbehrlich, denn zur Erleuchtung tragen sie nicht wesentlich bei, und besonderer Vorrichtungen zur Reinigung der Luft bedarf es auch nicht, im Gegentheil ist der Luftzug sogar lästig. Aus diesem Grunde pflegt man in neuer Zeit ziemlich allgemein hölzerne Einfassungen zu setzen, die viel leichter darzustellen und sicherer zu befestigen sind.

Die Ausführung der Schachte stimmt mit den früher beschriebenen Methoden des Brunnenbaues sehr genau überein, und nur bei hölzerner Verschaalung wählt man das §. 13 erwähnte und die Fig. 59 auf Taf. IV dargestellte Verfahren. Hierbei nur der Unterschied ein, daß der Schacht nicht erweitert werden darf, vielmehr mit senkrechten Wänden abgeführt werden muss, um zu bedeutende Ausgrabungen zu vermeiden. Sobald man soweit herabgekommen ist, daß die Arbeiter einer Unterstützung bedürfen, so legt man einen hölzernen Rahmen oder ein Geschlinge, meist von vierseitiger, zuweilen auch besonders wenn man den Schacht später ausmauern will wohl von sechs- oder achteitiger Form auf die Sohle, bestehend aus Bohlenstücken dahinter, die man beim weiteren Ausgraben abtreibt. Sobald man etwa 4 Fuss weit unter den ersten Rahmen die Ausgrabung fortgesetzt hat, so legt man einen zweiten Rahmen auf die Sohle des Schachtes, und stellt zwischen diesen und dem ersten eingesetzten Bohlen andrer, die nach und nach wieder zwischen folgenden dritten Rahmen getrieben werden. In dieser

Weise setzt sich die Arbeit bis zur ganzen Tiefe fort, man überlässt aber dafür, die Rahmen unter sich gehörig zu verbinden, und verkleidet sie an der innern Seite noch mit Latten, damit herabfallende und abgehenden Eimer nicht etwa darunter greifen oder darauf hängen bleiben. Von der Beschaffenheit des Bodens hängt es ab, ob die Bohlenstücke dicht schliessend eingesetzt werden müssen, oder ob sie grössere oder kleinere Zwischenräume offen lassen dürfen. Je leichter und loser der Boden ist, um so vollständiger muss das Brate geschehn.

Will man dem Schachte eine massive Einfassung geben, so geschieht dieses, nachdem er in der ganzen Tiefe ausgeführt und in der beschriebenen Weise verschalt ist. In festem Thone, oder in gewachsenem Felsboden kann man auch durch Unterfahren, also gleichzeitig mit der Vertiefung des Schachtes das Mauerwerk weiter herabführen, und andrerseits wendet man in ganz losem, sandigem Boden auch zuweilen Senkbrannen (§. 8), wie z. B. bei Darstellung der Zugänge zu dem Thams-Tunnel geschehn ist.

Die Erde und das Gestein, welches im Schachte während dessen Ausführung gelöst wird, so wie auch das Wasser, welches an dessen Sohle sich sammelt, wird gemeinhin nur mittelst einer einfachen, auf die Oeffnung des Schachtes gestellten hölzernen Winde gehoben, die mit einer 1 Fuss starken Trommel und an jeder Seite mit einer Kurbel versehen ist. Um die Trommel sind mehrere Windungen eines hinreichend starken Taues geschlungen, an dessen beiden Enden sich Haken befinden. In diese werden Eimer eingehängt, die beim Drehen der Winde abwechselnd herab- und hinaufgehn, und unten mit Erde, Steinen und Wasser gefüllt werden. Auch die nöthigen Baumaterialien und Geräthe, wenn die Arbeiter selbst lässt man daran herab und hebt letztere wieder herauf. In Betreff der Arbeit ist nur auf die Schwierigkeit beim Sprengen mittelst Pulver aufmerksam zu machen. In dem besetzten Raume auf der Sohle des Schachtes kann der Arbeiter während der Explosion nicht bleiben, er muss daher jedesmal, nachdem er den Zündfaden angezündet hat, heraufgezogen werden.

Die Beseitigung des Wassers verursacht in manchen Fällen grosse Schwierigkeiten. Ist der Zufluss desselben bedeutend, so schöpft man es von der tiefsten Stelle der Sohle

untern aus, und man kann zugleich in dieselben auch noch gelöste Material werfen. Bei starkem Zuflusse richtet man eine besondere Winde zum Wasserheben ein; damit man sie aber vollständig gewältigen kann und es nicht zu hoch steigt, muss in der Zwischenzeit, dass ein Eimer gefüllt und entleert wird, der Zufluss nicht grösser als der Inhalt des Eimers sein. Wenn dieses Maass überschritten wird, genügt eine einfache Vorrichtung nicht mehr. Die Anbringung von solchen Pumpen verbietet sich in diesem Falle, weil ihre Wirkung bei zunehmender Tiefe zu schwierig wird, und das Wasserschöpfen zu oft und zu lange unterbricht. Dagegen haben Röhren oder Eimerkünste, die mit Leichtigkeit auf eine grössere Tiefe gestellt werden können, auch in diesem Falle sich als zweckmässig bewährt (§. 46). Sobald dagegen der Schacht zur beabsichtigten Tiefe herabgeführt ist, und man von demselben aus den Stollenbau beginnt, also keine weitere Vertiefung nöthig ist, so richtet man gewöhnliche Pumpen ein, weil diese am wenigsten den Raum im Schachte beschränken; auch pflegt man, sie dauernd im Betriebe erhalten werden müssen, Dampfmaschinen oder Pferdegepöpel zu ihrer Bewegung zu benutzen.

Ob die beabsichtigte Tiefe erreicht ist, wird durch ein Seil ausgemessen. Dabei darf man aber nicht die Verlängerung des Seiles unbeachtet lassen, die beim freien Herabhängen des Lothes entsteht. Bei grossen Tiefen pflegt man in dieser Beziehung sehr sorgfältig zu Werke zu gehn, und Minard empfiehlt, zusammengeknüpfte Bänder von Lindenbast zu benutzen, weil dieses auch bei grosser Spannung sich nur unmerklich verlängert.

Sobald man einen Schacht abgeteuft hat, beginnt man zu beabsichtigen desselben die Ausführung des Stollens, doch giebt diesem wohl niemals sogleich die vollen Dimensionen des Stollens, vielmehr wird er gemeinhin nur in dem geringsten Querschnitt, der noch die Fortsetzung der Arbeit gestattet, dargestellt. Dies geschieht theils, um möglichst bald die durchgehende Oeffnung vollständig zu bilden, worauf das Wasserschöpfen entbehrlich wird, indem die Quellen alsdann von selbst abfliessen. Ausserdem leuchtet es ein, dass die Uebertragung der Richtung des Kanals durch den Schacht sehr unsicher ist, und leicht erhebliche Fehler vorkommen können. Diese bemerkt

man erst, sobald der Stollen hindurch getrieben ist, und man ihn  
 sie verbessern, wenn die Seitenwände des Kanales erst ganz  
 ausgeführt werden. Man pflegt in den Schacht zwei Lathe  
 hängen, die oben genau nach der Mittellinie des Kanales gehend  
 werden. Ihr Abstand von einander misst aber nur wenige Fuss  
 und es ist daher nicht leicht, die Richtung wieder auf sehr große  
 Längen zu übertragen. Die schweren Lothe hängt man in Ge-  
 fässe mit Wasser, damit sie nicht pendeln. Ein Gruhenlicht  
 hinter das eine gestellt, und man bemüht sich, wenn der Stollen  
 bereits 10 bis 20 Fuss weit betrieben ist, diejenige Stelle  
 des Lichtes, so wie des Auges am Ende des Stollens zu finden,  
 wobei die Fäden einander genau decken, und zugleich das Bild  
 der Flamme halbiren. Diese Stelle wird durch ein neues Lot  
 bezeichnet, und von letzterem aus kann man schon sicherer die  
 Richtung in gleicher Weise weiter fortsetzen.

Die Ausführung der Stollen ist in den verschiedenen Ge-  
 denformationen verschieden. Hat man sehr festes Gestein zu durch-  
 brechen, so verursacht das Lösen desselben wohl grosse Beschwerde,  
 aber um so weniger braucht man für die Schonung der Wände  
 und der Decke besorgt zu sein. Beim Lösen des Gesteins durch  
 Sprengen mit Pulver muss man darauf Rücksicht nehmen, dass  
 die Masse, die man abbrechen will, nicht zu fest eingeklemmt  
 und sich leicht bewegen kann. Zu diesem Zwecke pflegt man  
 eine Furche in der Weite von einigen Zollen und 12 bis 15 Zoll  
 tief horizontal auszuschroten, und durch je drei Schüsse, die in  
 gleicher Höhe darüber oder darunter angebracht und gleichzeitig  
 angezündet werden, das Gestein lagenweise zu lösen.

Bei losem Gestein genügt es, einzelne Stützen anzubringen,  
 doch ist zuweilen dabei auch schon eine vollständige Absteifung  
 nothwendig. Diese Sicherung erfordert aber die grösste Vorsicht,  
 wenn der Boden aus aufgeschwemmter Erde und vollends aus  
 Sand besteht. Man wendet aladann eine Methode an, die im Wesen-  
 tlichen mit derjenigen übereinstimmt, welche zur Absteifung der  
 Schachte benutzt wird. Man stellt nämlich Rahmen auf, die aus  
 zwei Stielen bestehen, welche sowohl oben als unten durch Spand-  
 riegel abgesteift, und ausserdem durch Rahmstücke überdeckt sind.  
 Auf diese Rahmstücke, so wie auch hinter die Stiele schiebt man  
 Bohlenstücke, die beim weitem Vorrücken des Stollens vorgerückt



werden, und die darüber und dahinter liegende Erde am Herabfallen hindern. Sobald sie aber sich stark durchbiegen und ihr Sinken besorgt werden kann, so stellt man einen neuen Rahmen auf, und treibt andre Bohlen über und hinter denselben ein.

Wenn der Boden nicht nur lose, sondern auch stark mit Wasser durchzogen ist, so steigern sich die Schwierigkeiten noch mehr. In manchen Fällen hat man das Eintreiben des Sandes zwischen den Stollen und namentlich an der Stirnfläche desselben, wo eine Verschalung fehlt, dadurch verhindert, dass man kleine Pfähle zwischen die Bohlen hineinschlug, und wie der Sand entfernt wurde, immer weiter horizontal vortrieb. Sie bewirken offenbar eine festere Ablagerung des Sandes und verhindern denselben, mit dem Wasser zusammen zu fließen und vorzudringen. Bei starkem Wasserzudrange ist jedoch auch dieses Mittel ungenügend, und nur das im Themse-Tunnel benutzte Schild bietet die Möglichkeit, auch dann noch vorzudringen.

Nur wenn das Gestein sehr fest ist, auch beim Zutritt der Luft nicht leidet, ist die Unterstützung der Decke durch ein Gewölbe entbehrlich. In den meisten Fällen muss daher letzteres angeführt werden, und hierbei treten wieder manche und zum Theil sehr grosse Schwierigkeiten ein. Bei losem Boden, so wie auch bei geklüftetem Gestein darf man es nicht wagen, das ganze Gewölbe des Souterrains, wenn auch nur auf mässige Längen aller Stützen und Stützen zu berauben und das Gewölbe in gleicher Art, sonst geschieht, auf einem zusammenhängenden Lehrbogen aufzuführen. Dabei würde auch noch der Uebelstand eintreten, dass das ganze Gewölbe aus einzelnen Bogen bestehen müsste, die nur in einem Verband sich nur stumpf an einander lehnen. Endlich würde die Wölbung auch nicht früher vorgenommen werden können, bis die Erde oder alles Gestein aus dem Souterrain beseitigt wären, wodurch augenscheinlich die Ausführung sehr verzögert und der Erfolg verloren würde, die Ausschachtung der Erdmasse schon zum Schutze des Gewölbes zu betreiben. Aus diesen Gründen ist es üblich, die Bogen nicht im Ganzen, sondern nur in kleinen Theilen auszuführen. Gewöhnlich beginnt man mit den Seitenwölbungen oder mit den Widerlagern.

Nachdem der erste Stollen der ganzen Länge nach hindurchgetrieben ist, und man in demselben die Axe des Kanales markirt haben, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

hat, so geht man in Querstollen nach beiden Seiten und tritt parallel zur Axe und im gehörigen Abstände von demselben nach Stollen, die sich möglichst nahe an das auszuführende Mauerwerk anschliessen. Man kann alsdann in diesen Stollen die Stimmmauern oder die untern Theile der Gewölbe etwa 4 Fuss hoch in gehörigem Verbande und nach jedem beliebigen Profile ausführen. Sobald dieses geschehn ist, werden ähnliche Stollen darüber eröffnet, und in denselben die beiderseitigen Mauern fortgesetzt. Auf diese Art geht man mit der Arbeit weiter vor, bis der Bogen nur 45 Grade gegen den Horizont geneigt ist. Alsdann kann man die Anwendung von Lehrbogen nicht mehr entbehren, und da diese sich nicht füglich aus einzelnen Theilen zusammensetzen lassen, die nach der Länge des Gewölbes gerichtet sind, so treibt man nunmehr Querstollen hindurch und verbindet die beiderseitigen Mauern durch einzelne übergespannte Bogen. Dieselben stehen allerdings nur stumpf neben einander und haben keinen Längerverband, ausserdem macht ihr Schluss und die Ausfüllung des Raumes darüber noch manche Schwierigkeiten. Bevor diese näher bezeichnet werden, ist noch eine andre Art der Wölbung zu beschreiben.

Die Gefahr eines Einbruches ist nämlich immer in der Decke am grössten, und dieselbe wird durch die beschriebene Bauart noch vermehrt, insofern die grosse Anzahl von Stollen, die über und neben einander nach und nach zur Ausführung gebracht werden, schon die sichere Unterstüztung der darauf ruhenden Erd- oder Felsmasse gefährdet haben, dieselbe also leichter in Bewegung kommen kann, wenn man die Querstollen zuletzt eröffnet. Man hat daher in vielen Fällen und namentlich in neuerer Zeit mit der Ausführung des obern Theiles des Gewölbes den Anfang gemacht, und die darunter befindlichen Mauern durch Unterfahren dargestellt. Besonders bei sehr losem Grunde ist der Nutzen einer solchen Anordnung nicht zu verkennen, insofern man dabei alle fernere Arbeiten bereits im Schutze einer festen Decke vornehmen kann. Bei dem Bau der Souterrains im Marne-Rhein-Kanale hat man diese Methode gleichfalls gewählt, wiewohl man hier ziemlich festes Gestein antraf, das keiner vollständigen Verschalung, sondern nur einer Absteifung und Vorstrebung bedurfte. Die in Fig. 375 dargestellten Querschnitte zeigen diesen Bau in den verschiedenen

Perioden der Ausführung. In *a* ist durch die punktirten Linien zwischen den beiden mittleren Steifen der erste Stollen mit seiner Absteifung angegeben, der durch das Gebirge getrieben wurde. Darunter befindet sich der mit starkem Gefälle versehene und gleichfalls leicht abgesteifte Graben, der zur Abführung des Wassers dient.

Von diesem Stollen aus erweiterte man die Oeffnung, und stellte den ganzen zu überwölbenden Raum dar, indem die nöthigen Absteifungen angebracht wurden. Fig. *b* zeigt einen Lehrbogen. Man stellte deren eine ganze Reihe hintereinander auf, jedoch so, dass die Steifen dazwischen stehn blieben. Letztere wurden nur entfernt, wenn die Schaulhölzer aufgebracht werden mussten, was unmittelbar vor dem Versetzen der Steine geschah, so dass das Gewölbe bald darauf deren Stelle vertrat. Die beiderseitigen Anfänge der Bogen ruhen, wie aus der Figur ersichtlich ist, auf je zwei Gängen von Bohlen, und der untere Theil des Gewölbes kann bequem in gehörigem Verbande gemauert werden. Nur wenn man gegen den Schluss kommt, lässt sich der Verband nicht mehr darstellen, weil die Steine von der Stirnseite des Bogens eingeschoben werden müssen, und darüber kein Platz zu ihrem Versetzen ist. Jene Bohlen, die zugleich mit den Lehrbogen das Gewölbe tragen, ruhen theils unmittelbar, theils mittelst Stützen auf den äussern Theilen der Schwellen. An den Stellen, wo das Gewölbe dem Schlusse nahe ist, eröffnet man schon zu beiden Seiten die Gräben für die Widerlager und die Anfänge des Bogens. Diesen kann man eine grössere Länge und daher besonders in den mittleren Schichten den gehörigen Verband geben. Die vorragenden Enden der Schwellen werden, wie Fig. *c* zeigt, abgesteift; man muss sie aber abstemmen, sobald das Mauerwerk von unten aus sich ihnen nähert. Zuerst werden die hintern Steinreihen mit dem obern Bogen verbunden und möglichst geschlossen eingetrieben, nachdem die kurzen Bohlenstücke beseitigt sind. Alsdann geschieht dasselbe mit den vorderen oder innern Steinreihen. Indem der Bogen hierbei dauernd auf dem Lehrbogen ruht, ausserdem aber entweder sein äusserer oder innerer Band von der bereits ausgeführten Untermauerung oder noch von der Absteifung getragen wird, auch ein guter Mörtel angewendet ist, der schnell bindet, so können die untern Steine sich nicht an-



gleich lösen und die ganze Arbeit schreitet sicher und ohne Unterbrechung vor.

Sobald das Gewölbe an einer Stelle geschlossen und unterfahren ist, entfernt man den darunter befindlichen Lehrbogen und führt die Mauern unter den Leinpfaden aus (Fig. d), gegen welche man den freistehenden Erdkörper in der Mitte des Souterrains absteift. Auf diese natürliche Erdablagerung hatte man aber gleich nach Eröffnung des ersten engen Stollens eine Eisenbahn gelegt, mittelst deren sowohl das gelöste Gestein abgeführt, als auch das erforderliche Baumaterial leicht beigebracht werden konnte. Bei Ausführung des Souterrains bei Arschweiler fand man das zur Mauern und Wölben erforderliche Steinmaterial in hinreichender Menge und von gehöriger Güte vor. Die Wölb- und Mauersteine wurden daher im Souterrain selbst bearbeitet.

Der Schluss des Gewölbes ist immer der schwierigste Theil dieser Arbeiten, weil es über dem Bogen an dem nöthigen Raume fehlt, um die Steine in gewöhnlicher Art zu versetzen. Bei Ausführung des Eisenbahn-Souterrains bei St. Cloud setzte man jeden einzelnen Lehrbogen aus zwei getrennten Hälften zusammen, zwischen denen so viel Raum blieb, dass der Maurer bequem auf einer etwas niedrigeren Rüstung stehen konnte. Dadurch wurde es möglich, bis auf 1 Fuss Abstand vom Scheitel noch die Steine in gehörigem Verbands zu versetzen, und nur der letzte 2 Fuss breite Theil des Gewölbes musste wieder aus einzelnen, stumpf an einander gestellten Bogen bestehen.

Die Breite der stumpf an einander gestellten Bogen misst etwa 3 Fuss, sie ist also nur so gross, dass der Arbeiter noch die Steine von der Stirn aus hineinschieben kann. Sobald ein solcher Bogen geschlossen ist, wird er sogleich mit einer Bétoulage überdeckt, um die Bergfeuchtigkeit vom Gewölbe abzuhalten, und man beeilt sich, den freien Raum darüber bis zu der durch das Absprengen der Steine gebildeten Decke sorgfältig und möglichst geschlossen mit Steinen anzufüllen. Die Vorsicht in dieser Beziehung ist dringend geboten, und man kann damit in der That nicht zu weit gehn, indem das Gewölbe jedenfalls, und wenn es auch noch so stark wäre, sehr beschädigt würde, wenn die darüber liegende Erd- oder Felsmasse bei dem unvermeidlichen Setzen eines



wirkliche Geschwindigkeit annehmen könnte, ehe sie auf das Gewölbe aufstiesse.

Die Ausführung der Wölbung wird etwas erschwert, wenn die Förderschachte beibehalten und ihre massive Einfassung mit dem Gewölbe über dem Kanale verbunden werden soll. Dafern diese Schachte, wie erwähnt, später beinahe gar keinen Nutzen gewähren, ihre gehörige Unterhaltung aber ziemlich kostbar ist, so pflegt man sie meist nach der Beendigung des Kanals zu verfüllen und eingehn zu lassen. In England hat man aber, um ihre Verbindung mit dem Gewölbe zu vereinfachen, sie theils auf gußeiserne Rahmen von quadratischem Querschnitt gestellt, die von einem oder zwei Bogen im Gewölbe getragen werden, und an die sich die nächsten Bogen mit ihren Stützen bequem anschliessen lassen. Wenn die Schachte dagegen nicht in der Axe des Kanals, sondern etwas seitwärts liegen, so können sie sehr leicht mit den Leinpfaden in Verbindung gesetzt werden. Bei manchen Zufälligkeiten dürften diese Schachte allerdings zur Erleichterung der erforderlichen Reparaturen dienen, der Fall ist aber so unwahrscheinlich, dass er kaum beachtet werden darf.

Die Eingänge der Souterrains pflegt man gemeinhin mit grossen Stirnmauern einzuschliessen, die häufig mit architektonischen Verzierungen und Inschriften versehen sind. Diese Mauern erheben sich aber meist nur wenig über das Gewölbe, und sie bilden daher den Fuss einer Böschung, die in der Richtung des Kanals sich nach dem Gebirge erhebt, und von den Fortsetzungen der Seitenböschungen des offenen Einschnittes begrenzt wird. Die erste Böschung wird gewöhnlich mit Banketen versehen, die doch nicht horizontal sind, sondern sanft ansteigen, und sonach lange bilden, auf welchen man zwischen den mit Bäumen und Gräsern bepflanzten geneigten Flächen zur Höhe gelangen kann. Fig. 376 zeigt eine solche Anordnung.

In eigenthümlicher Weise wurde der unterirdische Kanal St. Maurice in der Nähe von Paris ausgeführt, der eine sehr ausgeprägte Serpentine der Marne abschneidet. Die Höhe des Terrains ist grossentheils so mässig, dass man unter andern Umständen für einen offenen Einschnitt dargestellt haben würde, doch verbot sich dieses theils wegen des nahe an der Kanallinie stehenden

Dorfen, und theils wegen der sehr frequenten Strasse. Aus dem würde auch der Ankauf des Terrains zum Aufstehen der Abzugsröhre gar zu kostbar gewesen sein. Aus diesen Gründen entschloss man sich, den Kanal unterirdisch zu führen, doch geschah dieses nicht in der eben beschriebenen Weise mittelst durchgetriebener Stollen, vielmehr wurde ein Einschnitt eröffnet, das Kanalbette darin ausgehoben, mit Seitenmauern versehen und einem starken Gewölbe überspannt, und letzteres demnächst wieder mit Erde überfüllt. Der Einschnitt musste aber mit sehr vielen Dossirungen versehen werden, weil einzelne Häuser des Kanals sehr nahe standen. Dieses gelang auch, indem man stark absteigenden Zwischenräumen zwischen den heiderseitigen Wänden anbrachte. Uebrigens war es nicht nothwendig, den Einschnitt an jeder Stelle lange offen zu lassen, indem man mit der Ausführung des Gewölbes und der Ueberschüttung desselben möglichst schnell fortschritt. Man brauchte auf diese Weise einen grossen Theil der ausgehobenen Erde gar nicht seitwärts abzulagern, sondern konnte denselben unmittelbar, wie er abgegraben wurde, sogleich zur Befüllung des bereits fertigen Gewölbes verwenden. Letzteres erhielt aber bei der sorgfältigen Ausführung, und da es ausserdem noch 1 Fuss hoch mit Béton überdeckt wurde, eine genügende Wasserdichtigkeit. Dieser Umstand war von grosser Bedeutung, weil anderenfalls das Grundwasser zum Nachtheil des darüber stehenden Dorfen sehr stark gesenkt worden wäre.

Die Kosten der unterirdischen Kanäle sind augenscheinlich von den gewählten Dimensionen und noch mehr von den lokalen Verhältnissen abhängig. Nach der Zusammenstellung, die Sgautz mittheilt, hat bei verschiedenen grössern Souterrains das laufende Meter 900 bis 2650 Franks gekostet. Der durchschnittliche Satz stellt sich aber auf 1667 Franks, also der laufende Fuss Rheinländisch auf 140 Thaler.

Unter allen Souterrains, die je ausgeführt worden, hat wohl keiner grössere Schwierigkeiten geboten, als der unterirdische Gang, der in London unter der Themse eröffnet ist. Bei Gelegenheit der Senkbrunnen war von diesem Unternehmen bereits die Rede, und die Darstellung des Zuganges zum eigentlichen Tunnel, oder die Ausführung des Schachtes am dem einen Ende desselben ist schon §. 8 beschrieben worden. Bei Weitem

ger und schwieriger war die Durchführung des Stollens unter der Flussbette. Der zum Theil ganz lockere Boden, voll mit Wasser durchzogen, und in der Nähe der Sohle zur Zeit des Hochwassers einem Wasserdrucke von mehr als 70 Fuss ausgesetzt, ist, obwohl vielfache Unglücksfälle dabei vorgekommen, dennoch durchfahren worden. Man kann das Unternehmen als ein gelungenes ansehen, weil der Nutzen desselben vorzugsweise zu den übermässigen Kosten höchst geringfügig und der Gang, wie es scheint, mehr zur Befriedigung der Erde, als zum eigentlichen Verkehr dient, weil es bequemer und billiger ist, auf Böten überzufahren, als 60 Fuss tief auf Wendeltreppe herab-, und auf der andern Seite wieder eben so hinaufzusteigen. Die Absicht, welche man ursprünglich noch einen zweiten Zugang für Fuhrwerk zu bilden, welches von 180 Fuss Durchmesser auf schraubenförmigen Treppen herab- und hinauffahren sollte, ist bisher nicht zur Ausführung gekommen, und wie es scheint, auch ganz aufgegeben. Man hat demnach unter der Themse einen doppelten Fahrweg durchgehauen, während nur Treppen für Fussgänger zu denselben führen. Dieser Umstände ohnerachtet ist das Werk dennoch in technischer Beziehung so wichtig, dass es nicht übergangen werden kann, und die Beschreibung dürfte hier die passendste Stelle finden, weil die Schwierigkeiten von derselben Art, wenn freilich nicht so bedeutender, als diejenigen waren, denen man zuweilen bei der Anlage von unterirdischen Kanalstrecken begegnet. Es kann indessen nur im Allgemeinen das gewählte Verfahren bezeichnet werden, eine Angabe aller Details des Apparates und der Benutzung desselben würde viel zu weit führen.

Es muss erwähnt werden, dass man schon früher in ähnlicher Weise eine Verbindung der beiderseitigen Themseufer durch einen unterirdischen Kanal versucht hatte. Bereits im vorigen Jahrhunderte wurde nämlich von einem gewissen Dodd ein solcher Bau in Vorschlag gebracht, und wirklich begonnen. Man kam indessen nicht weiter, als dass man einen Schacht abzuteufen begann, der aber von so kräftigen Quellen durchsetzt wurde, dass alle Mühe, ihn trocken zu legen, vergeblich war, man sich bald gezwungen sah, ihn wieder zuzuschütten \*).

Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend. Sechster Jahrgang. Zweiter Band. Berlin 1806. Seite 617.



Wichtiger war ein zweiter Versuch, der von Vazzenen und von Trevithik, dem Erfinder der Hochdruckmaschine bald fortgesetzt und sehr weit ausgedehnt wurde, der aber noch gleichfalls missglückte. Man teufte ziemlich nahe an derselben Stelle, wo der jetzige Tunnel ausgeführt ist, einen von 11 Fuss Weite ab, und schloss an denselben einen in den beim Bergbau üblichen Dimensionen von 2½ Fuss Weite und 5 Fuss Höhe an, der nur mit Holzeinfassung war. Im Jahre 1804 wurde der Bau begonnen, der Stollen 1807 ausgeführt und in den ersten Tagen des folgenden noch etwas verlängert, so dass er bereits das gegenüber Ufer erreicht hatte, als am 25. Januar 1808 das Wasser und den leichten Bau so verwüstete, dass an eine Wiederrichtung nicht mehr gedacht wurde. Der Stollen war auf 90 Länge ausgeführt. Vergleichungsweise zu dem spätern und den geringen Hilfsmitteln der damaligen Technik, kann man nur wundern, wie dieses Unternehmen einen so raschen Fortschritt nehmen konnte und bis zu der Zeit, dass es zerstört wurde wenig Unfälle erfuhr. Nichts desto weniger war das Dasein des engen Stollens doch nur der geringste Theil der Sache und wenn dieses auch vollständig geglückt wäre, so begreife kaum, wie das Souterrain alsdann erweitert und ausgemessen sollte; wenigstens war dieser Theil der Ausführung der gefährlichste anzusehn.

Obwohl das Unternehmen zweimal missglückt war, so es dennoch, bevor zwanzig Jahre vergangen waren, wieder aufgenommen. Die Wichtigkeit desselben erschien deutlich, und namentlich in einer Zeit, wo Dampfschiffe wenig bekannt waren, und man sie namentlich noch nicht um eine leichte und regelmässige Verbindung zwischen gegenüber liegenden Flussufern darzustellen. Auf die ganze Länge der Themse, von ihrer Mündung bis zur London-Brücke etwa auf 8 deutsche Meilen, war die Anlage einer guten Brücke, ganz abgesehn von den technischen Schwierigkeiten möglich, weil die Schifffahrt hier in keiner Weise beeinträchtigt werden durfte. Wollte man die beiderseitigen Ufer in Verbindung setzen, so konnte dieses nur geschehn, entweder so, dass das Wasser, dass die Schiffe mit allen Bramstangen und zw



die Ausdehnung des Fahrwassers ungehindert darunter nachher segeln können, oder so tief unter Wasser, dass auch die grossen Schiffe frei darüber gehn. Man dachte allerdings auch an die erste Art des Ueberganges, indem eine weit gespannte hohe gusseiserne Bogenbrücke projectirt wurde, man zog den Vorschlag des Ingenieur Isambart Brunel vor, den Weg über dem Bette der Themse zu erbauen, und es bildete sich eine Actien-Gesellschaft, die gegen das zu erhebende Brückengeld Kosten des Baues nach dem von Brunel aufgestellten Anschläge zu zahlen wollte.

Man machte, wie bereits §. 8 beschrieben, mit dem Versenken des Treppenthurmes im Jahre 1825 den Anfang, und am Anfang des folgenden Jahres wurde der Bau des Stollens oder eigentlichen Tunnels begonnen, der achtzehn Jahre später vollendet wurde. Seine Ausführung war mit ungeahneten Schwierigkeiten verbunden, aber die Methode, obwohl sie keine wesentlichen Aenderungen erfuhr, vervollkommnete sich doch erst während der Anwendung. Der Bau war bereits über die Hälfte beendigt, als Brunel das unbedingte Zutrauen dazu aussprach, und sich versicherte, der Apparat sei jetzt so beschaffen, dass er unter allen Umständen zum Ziele führen müsse, wenn es nicht an Geld fehle. Dieser Punkt hatte allerdings schon grosse Bedeutung gewonnen. Von der Gesellschaft aufgebrauchte Capital war längst verbraucht und weitere Zuschüsse wurden endlich verweigert, da die Aussicht auf das Gelingen beinahe ganz verschwunden war. So dauerte der Bau nahe 8 Jahre hindurch, nämlich von 1828 bis 1836, bis endlich das Nationalgefühl angeregt und von dem Parla-ment das noch fehlende Geld bewilligt wurde.

Es ist wohl ausser Zweifel, dass die Schwierigkeiten, die man traf, grossentheils davon herrührten, dass man sich der Nähe des Flussbettes zu sehr genähert hatte. Spätere Veränderungen des Bettes und selbst das Ankern der Schiffe sollen hieran Schuld gewesen sein. Jenen Veränderungen hätte man indessen wohl entgegen wirken können durch Befestigung des Flussbettes. Wenn aber das Durchziehen einiger Schiffsanker schon in solchem Masse, wirklich geschehn, das Unternehmen gefährden konnte, so war es an sich sehr unsicher, und man hätte entweder eine andre Route wählen, oder tiefer herabgehn müssen. Nach den 39 Son-

dirungen, die angestellt waren, sollte der Bau überall noch 20 Fuss unter der Sohle des Flussbettes bleiben. Da hatte man später aus der Taucherglocke das Mauerwerk frei liegen sehen. Der Boden bestand aber mit Ausnahme schwachen Kalkschicht, die Fig. 377 in der Höhe der unteren des Gemäuers angegeben ist, aus Kies und Thonlagen, die besonders oben in weichen Schlamm übergingen. Der in dieser dargestellte Wasserstand ist der des niedrigen Wassers, das Wasser erhebt sich noch 19 Fuss darüber.

Die so eben bezeichnete Figur stellt den Querschnitt fertigen Baues dar. In einem Gemäuer von  $21\frac{1}{2}$  Fuss und  $36\frac{1}{2}$  Fuss Breite befinden sich die beiden überwölbten mit Fusswegen eingeschlossenen Fahrbahnen. Die Mitte zwischen beiden ist mit grossen überwölbten Oeffnungen versehen. Diese Oeffnungen sind indessen erst später dargestellt als Bogen überspannt, indem es zu schwierig gewesen wäre, ein so ungleichmässiges Mauerwerk auszuführen. Einen Leinwandverband konnte man indessen weder den senkrechten und zontalen Mauern, noch den Gewölben geben, vielmehr musste vertikale Mauerschicht stumpf gegen die andere gestellt sein. Bei dem schnell erhärtenden und fest bindenden Roman-Cement, der durchweg angewendet wurde, hat diese Verbindungsart, wie bekannt, keine nachtheiligen Folgen gezeigt.

Zur Ausführung des Souterrains diente ein eigentlicher Apparat, der Schild genannt, welcher nicht nur die Stirn des Stollens sicher abschloss und den Druck der davor stehenden Erde und des Wassers aufhob, sondern auch so eingerichtet, dass man an jeder beliebigen Stelle kleine Oeffnungen frei machte und die Erde davor beseitigen konnte. Der Schild bestand aus zwölf einzelnen Abtheilungen oder Rahmen, die beliebig auseinander und vom Erddrucke beinahe vollständig befreit werden konnten, indem derselbe auf die nächsten Rahmen sich übertrug. Dadurch wurde es möglich, die einzelnen Rahmen und den ganzen Schild vorzuschieben.

Der Schild war etwas breiter und höher, als das Mass des Tunnels, und umschloss dasselbe oben und zu beiden Seiten mit beweglichen eisernen Platten. Gewöhnlich befand er sich

es vor der jedesmaligen Stirnfläche der Mauer, und in gleichem Maße, wie er vorrückte, folgte ihm auch das Mauerwerk.

(Fig. 378 zeigt den Schild, und zwar in derjenigen Anordnung, die man ihm nach manchen Aenderungen gegeben hat<sup>\*)</sup>). besteht aus zwölf getrennten Theilen oder Rahmen, die wieder in einem Bächersehrank stumpf neben einander stehen, und hin- und her vorgeschoben werden können. Jeder dieser Rahmen hat Abtheilungen oder Zellen übereinander von hinreichender Breite und Höhe, dass ein Arbeiter ziemlich bequem darin Platz nehmen kann. Auf diese Weise enthält der ganze Schild sechs und dreissig Zellen, und eben so viele Arbeiter sind darin in ähnlicher Weise beschäftigt, wie beim Vortreiben eines Stollen. In Fig. 377 sind die Zellen sichtbar.

Jeder der erwähnten Rahmen, aus gusseisernen durchbrochenen Eisen zusammengesetzt, steht auf zwei eisernen Schenkeln *A*, mittelst starker Schrauben, deren Köpfe man bei *D* sieht, verlängert oder verkürzt werden können, und sowohl oben als unten Kugelgelenken versehen sind. Wenn die Schuhe *B*, auf denen die Schenkel eines Rahmens ruhen, vorgeschoben werden sollen, wird der Rahmen mittelst der Arme *C* an die beiden nächsten Rahmen gehängt. Diese Arme sind oben und unten mit kreisförmigen Oeffnungen versehen, in welche Zapfen von den beiden benachbarten Rahmen eingreifen. Ein Rahmen hat jedesmal unter der mittleren Zelle zwei solcher Axen, und der nächste trägt die Axen über der mittleren Zelle. Die beiden äussern Rahmen werden nur durch einen Arm unterstützt werden. Diese Arme lassen sich durch eingetriebene Keile beliebig verlängern und verkürzen. Man kann also durch Verstellen der Keile und der an den Schenkeln angebrachten Schrauben das Gewicht eines Rahmens auf den darunter liegenden Schuhen auf die zur Seite stehenden Schenkel übertragen.

Um indessen zu verhindern, dass zwischen den Rahmen die Luft gar zu stark werde, oder wohl gar ein Klemmen eintrete, wurde ihr gegenseitiger Abstand genau normirt worden. Dieses

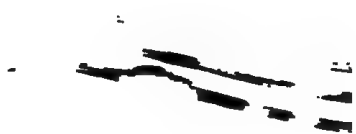
<sup>\*)</sup> Dieser Schild, sowie der ganze Bau ist am ausführlichsten von *W. G. Law* in *Weale's Quarterly papers on Engineering. Part. VI, and X* beschrieben.

dirungen, die angestellt waren, noch 20 Fuss unter der Sohle hatte man später aus der Tiefe frei liegen sehen. Der Boden schwachen Kalkschicht, die Fläche des Gemäuers angegeben ist, besonders oben in weichen Schichten. dargestellte Wasserstand ist, wasser erhebt sich noch 19

Die so eben bezeichnete fertigen Baues dar. In und 36½ Fuss Breite bei mit Fusswegen eingesezt zwischen beiden ist mit Diese Oeffnungen sind Bogen überspannt, sind ein so ungleichmässiger verband konnte man zontalen Mauern, noch vertikale Mauerschichten. Bei dem schnell erfol der durchweg angegeben bekannt, keine nach

Zur Ausführung Apparat, der Sch des Stollens sicher Erde und des W. dass man an jeder und die Erde dar zwölf einzelnen und vom Erddruck indem derselbe Dadurch wurde den ganzen Sch

Der Schild des Tunnels, ne mit beweglichen





vertikale Flächen haben, also  
 bilden. Die Deckplatten  
 erwähnten Stützen *F*, noch  
 aber, ehe man den zuge-  
 vorgeschoben, wozu besonders  
 gegen die Stirn der Mauer  
 nicht angegeben sind.

am Kopfe des Stollens werden  
 Höhe gebildet, die sehr genau  
 stimmen, und auch eben so wie diese  
 Verschiedenheit findet nur insofern  
 aufliegen und daher durch besondere  
 gehalten werden müssen. Sie  
 eine Art von Federn und Nuthen  
 von ihnen ist noch mit einem starken  
 einer am äussern Rahmen angebrachten  
 heraschieben lässt, und dabei die Platte  
 endlichen Bahn erhält.

Thail des Apparates bezieht sich auf die  
 in der Stirn des Stollens. Hierzu dienten  
 stücke *G*, von denen jedes 3 Fuss lang  
 6 Zoll, und ihre Stärke 3 Zoll. An den  
 mit halbkugelförmigen Vertiefungen auf-  
 die Köpfe der Stützen *H* greifen. Diese  
 spindeln und röhrenförmigen Muttern be-  
 aus freier Hand leicht verlängern und ver-  
 jene Bohlenstücke beliebig lösen, oder gegen  
 kann. Dieses Absteifen geschieht, wie be-  
 gegen den zugehörigen Rahmen, sondern,  
 hoben werden sollte, gegen die beiden be-

sich indessen vielfache Unfälle mit den  
 lamente dieselben mehrfach, oder  
 und nur mit grossem Zeitaufwande konnte  
 ihre passende Lage bringen, oder durch andro-  
 lung war daher die Aenderung, dass man sie  
 damit sie an einander befestigt wurden.

ist dadurch erreicht, dass man in der Höhe der Mittelböden, die Zellen trennen, vortretende Kreisstücke angebracht, in dem einen Rahmen sich um eine vertikale Axe drehen, dem andern sich gegen eine eiserne Bahn lehnen, die die gegenseitige Bewegung zu hemmen, die Annäherung gewisse Grenze hinaus verhindern. Wegen des starken von beiden Seiten ist aber eine zu grosse Entfernung theilungen von einander gar weniger zu besorgen, daher vorzugsweise darauf an, die zu grosse Annäherung zu ver-

Das Vorschieben jedes Rahmens geschieht dadurch, dass sowohl oben als unten je zwei starke Schrauben gegen die bereits ausgeführte Mauer stellt, und durch der Spindeln den nöthigen Druck erzeugt. Die beiden befinden sich dabei in der Stellung, welche die Figur, indem die Schuhe schon vorher etwas vorgeschoben waren Deckplatten über dem Rahmen ruhen in diesem Falle auf den Stützen *E*, indem die starken Schrauben, die tragen, gelöst sind. Auf diese Weise kann jeder der Rahmen ziemlich frei gestellt werden, er findet aber auch Richtung, wohin er geschoben werden soll, einen ganz Raum, indem die Bohlenstücke, welche die Erde am Kopf Stollen absteifen, nicht gegen diesen Rahmen, sondern die nächsten gestützt werden. Anders verhält es sich mit dem äussern Rahmen, gegen welche sich die gusseisernen lehnen, die den Kopf des Stollens zur Seite einfassen. Eine Reibung ist hier unvermeidlich, und um so kräftiger müssen Schrauben wirken. Diese Bohlen sind indessen so einge dass jene Stützen, welche die Erdwand an der Stirnwand Stollens zurückhalten, auch gegen sie angesetzt werden und sonach auch die äussern Rahmen beim Vorschreiben Räume vor sich finden.

Ueber jedem der mittleren Rahmen befinden sich zwei eiserne Deckplatten *F* mit Verstärkungsrippen versehen, zugeshärft und am hintern Ende mit Platten von gewaltem verbunden, die noch über das bereits ausgeführte Mauer reichen, und daher bis zu diesem stets einen ziemlich Schluss darstellen. Auf jedem der beiden äussern Rahmen dagegen drei dergleichen Platten, von denen die äusseren

weisen, theils horizontale, theils vertikale Flächen haben; also den Anfang der Seiteneinfassungen bilden. Die Deckplatten sind gewöhnlich, ausser den bereits erwähnten Stützen *F*, noch starken Schrauben. Sie werden aber, ehe man den zugehörigen Rahmen vorschiebt, selbst vorgeschoben, wozu besondere Schrauben dienen, die man gleichfalls gegen die Stirn der Mauer setzt, die aber in der Figur nicht angegeben sind.

Die Seiten-Einfassungen am Kopfe des Stollens werden aus eiserne Platten von 1 Fuss Höhe gebildet, die sehr genau mit den Deckplatten übereinstimmen, und auch eben so wie diese vorgeschoben werden. Eine Verschiedenheit findet nur insofern statt, als sie nicht so sicher aufliegen und daher durch besondere Vorrichtungen in ihrer Stellung gehalten werden müssen. Sie werden daher nicht nur durch eine Art von Federn und Nuthen zusammengehalten, sondern jede von ihnen ist noch mit einem starken Bolzen versehen, der in einer am äussern Rahmen angebrachten Nut sich frei hin- und herschieben lässt, und dabei die Platte in der am Rahmen befindlichen Bahn erhält.

Ein sehr wichtiger Theil des Apparates bezieht sich auf die Befestigung der Erde in der Stirn des Stollens. Hierzu dienen ungefähr 500 Bohlenstücke *G*, von denen jedes 3 Fuss lang ist, ihre Höhe beträgt 6 Zoll, und ihre Stärke 3 Zoll. An den Enden sind Eisenplättchen mit halbkugelförmigen Vertiefungen angebracht, in welche die Köpfe der Stützen *H* greifen. Diese Stützen, aus Schraubenspindeln und röhrenförmigen Muttern bestehend, lassen sich aus freier Hand leicht verlängern und verkürzen, so dass man jene Bohlenstücke beliebig lösen, oder gegen den Rahmen absteifen kann. Dieses Absteifen geschieht, wie oben erwähnt, nicht nur gegen den zugehörigen Rahmen, sondern, falls dieser vorgeschoben werden sollte, gegen die beiden benachbarten Rahmen.

Es wiederholten sich indessen vielfache Unfälle mit den Bohlenstücken, und namentlich kanteten dieselben mehrfach, oder stürzten auch herab, und nur mit grossem Zeitaufwande konnte man sie alsdann in ihre passende Lage bringen, oder durch andre ersetzen. Von Bedeutung war daher die Aenderung, dass man sie mit Haken versah, womit sie an einander befestigt wurden.

Die Aushebung der Erde geschah in der Art, dass in jeder Zelle zuerst die obere Bohle löste und die Erde aus der Zelle tief herausnahm, alsdann wurde die Bohle wieder eingesetzt und mittelst der Stützen *H* gegen die dahinter stehende Erde fest geschoben. Dasselbe geschah mit der zweiten und allen folgenden Bohlen der Zelle. Die Erde, welche in den beiden äußeren Zellenreihen gelöst war, fiel dabei auf die Mittelböden, die aus starker Bleche zwischen den Bohlen vorragten, und sonach das Herabstürzen der Erde bis zur Sohle des Schachtes verhinderten. In die untere Zelle fiel keine Erde, vielmehr musste sie aus derselben vorgezogen werden. Die Bohlenstücke zunächst der Sohle des Stollens stellte man aber nicht mehr senkrecht, sondern flach geneigt ein, so dass die Wand hier allmählich in die horizontale Richtung überging. Diese Bohlen blieben hier liegen und bildeten theils eine Unterlage für die gusseisernen Schuhe *B*, theils auch einen Rost für das Mauerwerk. Während die schweren Rahmen mit der ganzen Belastung des darüber befindlichen Erdreichs darauf gestellt wurden, drückten sie sich fest ein, und nahmen eine so sichere Lage an, dass sie eine weitere Befestigung nicht bedurften, wenn auch die Schuhe nicht mehr darauf standen.

Sobald die Rahmen sich von der Mauer etwas entfernt hatten, wurde sogleich eine Mauerschicht von der Stärke eines Stein an diese zwar stumpf, aber in gutem Cement angesetzt. Das Profil der Mauern zeigt Fig. 377. In Fig. 378 sieht man den Durchschnitt eines Lehrbogens, der bei seiner geringen Last sehr leicht vorgeschoben und mittelst Hebel und Schrauben genau auf die erforderliche Höhe gestellt werden konnte.

Die vorstehende Beschreibung des Apparates und seiner Benutzung soll nur im Allgemeinen das gewählte Verfahren bezeichnen. Es ergibt sich daraus aber schon, dass die Einzelheiten mit gleicher Sorgfalt und Ueberlegung angeordnet und ausgeführt werden mussten, um die nöthige Festigkeit und Beweglichkeit zu erhalten, und um nirgend die Arbeiten zu verhindern oder zu erschweren. Die specielle Bezeichnung derselben, obwohl sie gewiss ein grosses Interesse bietet, würde die Grenzen dieses Handbuches weit überschreiten. Dagegen erscheint es nothwendig, über den Fortgang der Arbeiten noch Einiges mitzutheilen.



Am 1. Januar 1826 stellte man den Schild in dem oben beschriebenen Schachte oder grossen Brunnen auf, und ob- die Durchbrechung der Mauer in mancher Beziehung ein Verfahren nothwendig machte, als dasjenige, für welches Schild eingerichtet war, so näherte man sich dennoch schon Anfangs demselben soviel irgend möglich war, um beim Vorwücken sogleich von den Schutzmaassregeln vollständig Gebrauch machen zu können. Der Bau schritt Anfangs, ohne unüberwindliche Schwierigkeiten zu bieten, ganz nach Wunsch vor. Am Schlusse des Jahres war die Ausmauerung des Schachtes auf 10 Fuss vollendet, und zwei Einbrüche im Schilde zur Zeit hoher Fluthen hatten nur kurze Unterbrechungen veranlasst, doch die Ueberzeugung verschafft, dass der Schild zu schwach sei, für den ganzen Bau kaum ausdauern würde. Die grosse Schwierigkeit, ihn in den einzelnen Theilen zu erneuern, schien dem Versuch zu rechtfertigen, ihn noch ferner beizubehalten, da namentlich bei der grössern Uebung der Arbeiter der Stollen nunmehr viel schneller fortschritt, als im Anfange, und durch die Dauer der Benutzung des Schildes sich sehr abzu- versprach.

Am 2. Januar 1827 erfolgte ein ziemlich bedeutender Einbruch. Er war dadurch veranlasst, dass man in ganz durch- dem Boden arbeitete, der die Bohlenstücke gar nicht mehr von Aussen unterstützte. Zugleich drangen übermässige Wassermassen ein, welche die Dampfmaschine nicht mehr gewäl- und der Schild bewegte sich oft nicht in der gehörigen Rich- so dass man die Seitenmauern ansehnlich schwächer halten musste, als sie eigentlich sein sollten. Nichts desto weniger wurde die Arbeit bald wieder begonnen und rasch fortgesetzt. Man schritt in jeder Woche durchschnittlich 12 Fuss vor, und an einigen Tagen gelang es sogar den Stollen 3 Fuss weiter zu ver-.

Die Arbeit wurde indessen immer bedenklicher. In einer Uberglocke hatte man Ende April das Flussschiff untersucht dabei einen Hammer und eine Hacke verloren. Beide fanden sich in den ersten Tagen des Mai vor dem Schilde wieder. Es ergab sich also, dass ein ganz weicher Boden den Stollen über- deckte. In dieser Zeit sollen noch einige Schiffe vor dem Tunnel

Anker geworfen und dadurch die Gefahr vergrössert haben. 18. Mai drang plötzlich das Wasser in reinen Strahlen durch die Fugen, und nahm bald so überhand, dass die Maschine nicht mehr beseitigen konnte. Die Arbeiter entflohen und der Tunnel, der damals 550 Fuss lang war, füllte sich mit Wasser an.

Die angestellten Tiefenmessungen ergaben, dass die Schildbohle ein 36 Fuss tiefes, trichterförmiges Loch sich hatte. Auf der Ostseite lag die Mauer frei im Flussbette, und man in der Taucherglocke ihre äussere Fläche sehen konnte. blieb unter diesen Umständen nichts andres übrig, als die Lücke wieder zu füllen. Man versenkte 2500 Tons Kleie, die man in Säcke gefüllt hatte. Damit aber nicht etwa die Säcke durch die Oeffnungen in das Schild hineingetrieben werden möchten, stiess man durch jeden mehrere Haselstöcke, deren Enden auf beiden Seiten etwa einen Fuss weit vor das Schild ausserdem wurden auch bedeutende Quantitäten Kiesel geschüttet. Die Dampfmaschine konnte nunmehr das Wasser gewältigen und am 21. Juni war eine Besichtigung des Tunnels möglich. Der Schild hatte nicht gelitten, war stark verstellt, auch war soviel Erde hineingetrieben, dass die Anschaffung derselben die Wieder-Aufnahme der Arbeit verzögerte.

Endlich in der Mitte des August konnten die Zellen besetzt, und der Stollenbau aufs Neue begonnen werden. traten aber andre Schwierigkeiten und Gefahren ein. Die schüttete Erdmasse kam, wenn man sie fortgrub, oft plötzlich starke Bewegung, und die einzelnen Theile der Rahmen brachen, so dass man sie fortwährend erneuen und verstärken musste. Die Arbeit schritt dabei sehr langsam vor. Manche bedeutende Einbrüche des Wassers unterbrachen sie auch vollständig. In den ersten Tagen des Jahres 1828 war man um 50 Fuss weiter gekommen, als am 12. Januar der verheerendste Einbruch statt fand. Es hatte sich der Fall wiederholt, dass beim Ausheben eines Bohlenstückes die Erde anfangs ziemlich fest zu stehn schien, aber nach und nach Bewegung kam und alsdann in grossen Klumpen hinfällt. Man pflegte sie dann durch eingestopftes Stroh zum Stützen.

ingen. Ein solcher Fall ereignete sich auch an diesem Tage, während Brunel gerade zugegen war. Das Verstopfen und Wiedereinstellen der Bohle glückte aber diesmal nicht, und die Erde wurde nach und nach dünnflüssiger, woher Brunel einen sehr gefährlichen Einbruch voraus sah, und den Arbeitern zurief, dass sie sich entfernen sollten. Er selbst begab sich in die nächste Hölle, um den weitem Verlauf noch zu beobachten. Drei Arbeiter liefen bei ihm. Plötzlich drang statt der Erde, Wasser hindurch, und die Masse desselben war augenscheinlich viel grösser, als dass die Dampfmaschine die Anfüllung des Tunnels hätte verhindern können. Da begab sich Brunel mit den drei Arbeitern auf den Weg, doch kaum waren sie eine kurze Strecke gegangen, als mit heftigem Getöse die Einströmungs-Oeffnung sich sehr erweiterte. Die Luft kam dabei so in Bewegung, dass die Lichte erloschen, und unglücklicher Weise stürzten gleichzeitig die Lehrsäulen und Rüstungen zusammen und fielen auf die vier Leute. Brunel raffte sich auf und erreichte den andern Fahrweg, der von Geräthschaften frei gehalten war. Er stand hier eine kurze Zeit still, und rief seine Gefährten, aber das Wasser stieg sehr schnell, er musste eilen und konnte zuletzt nur durch Schwimmen die Treppe erreichen. Seine Begleiter ertranken.

Manche Untersuchungen wurden noch vorgenommen, indem man theils mit der Taucherglocke und theils auch nachdem das Loch wieder verschüttet war, das Wasser gewälligte. Das Mauerwerk wurde unbeschädigt gefunden, aber der Schild war zerbrochen und ganz verschoben. Jedenfalls waren sehr bedeutende Kosten zum Wiederbeginnen der Arbeiten erforderlich und wenn auch Brunel die Versicherung gab, dass mittelst der Taucherglocke und Vorbohrungen ähnliche Unfälle für die Zukunft vermieden werden könnten, sobald der Schild durch gehörige Verstärkung und Erneuerung einzelner Theile wieder in Stand gesetzt sein würde, so war doch das Zutrauen zum ganzen Unternehmen sehr erschüttert, auch das Kapital der Gesellschaft vollständig erschöpft. Die Arbeit musste daher ganz unterbrochen werden.

Im Jahre 1835 bewilligte endlich das Parlament die nöthigen Mittel zur Fortsetzung des Werkes. Im März 1836 wurde der Plan wieder aufgenommen, und im September 1841, als ich die Arbeit sah, war man bereits soweit unter das nördliche Ufer ge-

kommen, dass ein enger Schacht die Verbindung mit dem Meer darstellte. Im nächsten Jahre wurde der Tunnel vollendet. Seine ganze Länge beträgt 1200 Fuss. Nachdem auf dem nördlichen Ufer in gleicher Weise, wie auf dem südlichen noch ein Thorpenthurm herabgeführt war, fand endlich am 25. März 1843 die feierliche Eröffnung statt, und seitdem dient der Tunnel im Durchgange für Fussgänger.

### §. 128.

#### **Durchlässe und Brückenkanäle.**

Indem die Kanäle zuweilen von der einen Seite des Thales auf die andre geführt werden, so kreuzen sie den Bach oder den Fluss, der das Thal gebildet hat. Ausserdem dürfen sie mit die Seitenzuflüsse, denen sie begegnen, nicht absperren, vielmehr müssen auch diese unbehindert ihren Weg nach dem Hauptwasserlaufe des Thales fortsetzen können. Auf solche Art bilden sich bei den meisten Kanälen vielfache Kreuzungen mit kleineren und grösseren Bächen und zuweilen selbst mit grössern Flüssen. Es entsteht die Frage, wie man diese am passendsten anzunehmen habe.

Bei denjenigen Kanälen, welche in einem Flussbette selbst angelegt sind, wie etwa beim Finow-Kanale, kommen dergleichen Kreuzungen nicht vor, da diese Kanäle selbst die tiefsten Schläuche der Thäler bilden. Das Wasser fliesst ihnen von beiden Seiten zu, und man muss, wenn man das anschliessende Terrain nicht inundiren, oder noch durch besondere Grabenanlagen für die Vorfluth sorgen will, dasselbe ungehindert eintreten lassen. Die bereits erwähnten Uebelstände, nämlich die Versandung und die Zuführung sehr grosser Wassermassen sind hierbei unvermeidlich.

In frühern Zeiten pflegte man auch bei andern Kanälen, die sich zur Seite eines natürlichen Wasserlaufes hinzogen, alle Zuflüsse des letztern, die den Kanal kreuzten, hineintreten zu lassen, während man, wenn sie zu viel Wasser lieferten, das nicht mehr füglich durch die Schütze der Schleussen abgeführt werden konnte, dieses durch gewisse Wasserlösen an der Thalseite nach dem Flusse oder Bache ableitete. Bei Erbauung des Kanales da



Es ist ursprünglich in dieser Art verfahren worden, weil man für zu bedenklich hielt, unter dem Kanale auch nur den schönsten Bach hindurch fliessen zu lassen. Den Versandungen konnte man aber dadurch vorzubeugen, dass man die Bäche aus gewissen Bassins, worin das Material sich niederschlagen sollte, abtreten liess. Diese Vorsicht zeigte sich indessen ungenugend, und man hat daher später eine grosse Menge von Durchlässen erbaut, um das fremde Wasser ganz getrennt von dem Kanale unter demselben hindurchzuführen.

Noch viel weniger war der Kanal du Midi, so oft er grössere Bäche kreuzte, auf Brücken über dieselben geleitet. Er trat vielmehr von der einen Seite in sie hinein, und setzte sich gegenüber als Kanal wieder fort. Bei kleinem Wasserstande, und wenn alle Sand- und Kiesablagerungen beseitigt waren, bot der Uebergang der Schiffe freilich keine Schwierigkeiten. Sobald aber Hochwasser eintrat, was bei diesen Gebirgsflüssen sehr schnell erfolgt, so war nicht nur die Schifffahrt unterbrochen, sondern die Fluthen erstreckten sich auch auf die nächstliegenden Kanaltheile und füllten dieselben mit dem Material an, welches sie mit sich führten. Auf diese Art war auch nach dem Verlaufe des Hochwassers die Schifffahrt gesperrt, bis man durch Baggern sowohl im Kanale, als auch im Bachbette die Tiefe wieder hergestellt hatte.

Besonders bei der Kreuzung des Libron waren diese Verschaltungen überaus störend, indem sie sich ein Viertel, bis eine halbe Lieu weit in den Kanal erstreckten. Im Jahre 1766 erbaute man daher eine bewegliche Brücke, oder ein Floss mit Seitenwänden, welches, sobald der Libron zu wachsen anfing, über den Kanal geschoben wurde, und worin der Fluss wie in einer Rinne herüberströmte, ohne sich mit dem Kanale zu vereinigen. Nichts desto weniger drang durch die Fugen des Flosses dennoch soviel Sand hindurch, dass der Zweck keineswegs vollständig erreicht war. Zehn Jahre später wurde daher ein Prahm mit festem Verdeck und gleichfalls mit Seitenwänden erbaut, der auf dem Wasser schwamm oder zu Boden sank, je nachdem er gefüllt oder leer war. Indem man ihn gewöhnlich leer auf dem Kanale schwimmen liess, so konnte er leicht, sobald der Libron anschwell, an seine Stelle gebracht und herabgelassen werden,

worauf alsdann die Pluthen herüberstürzten, ohne dass durch die Fugen des festen Dachs und der Seitenwände der Sand hindurch fiel. Nachdem die Anschwellung vorüber war, wurde mittelst einer Archimedischen Schnecke der Prahm entleert. Er hob sich alsdann, und sobald er schwimmend zurückgeführt war, konnte die Schifffahrt sogleich wieder eröffnet werden. Diese Einrichtung wurde in früherer Zeit als sehr zweckmässig gerühmt, obwohl kaum zu erwarten, dass der Prahm bequem zu handhaben und dicht schliessend einzustellen sein dürfte, namentlich wenn der Fluss schon zu wachsen anfing. Dass übrigens das Bett des Flusses an dieser Stelle mit Mauern eingefasst war, zwischen welche der Prahm genau passte, bedarf kaum der Erwähnung.

Der Kanal de la Radelle ist in einer etwas verschiedenen Weise durch den Fluss Vidourle geführt. Letzterer ist nämlich zu beiden Seiten mit Mauern eingefasst, und in diesen befinden sich Oeffnungen, die der Grösse der Kanalschiffe entsprechen. Jede dieser Oeffnungen ist mit einem schweren Schutz versehen, das gewöhnlich so hoch hängt, dass die Kanalschiffe ungehindert darunter fahren können, es wird aber in dieser Stellung theils durch ein Gegengewicht, und theils durch Haken gehalten. Sobald der Fluss anschwillt, was sehr plötzlich geschieht, so darf der Wärter nur die Haken herausschlagen, worauf die Schute von selbst herabfallen und zu beiden Seiten die Verbindung mit dem Kanale sperren.

Hieran schliesst sich diejenige Methode der Kreuzung, die man bei grossen Strömen unbedingt wählen muss, und die man selbst bei kleinern Flüssen zuweilen gewählt hat. Sie besteht darin, dass man die beiderseitigen Kanäle ganz von einander trennt, und jeden derselben in der Art in den Strom münden lässt, als ob sie nur mit diesem verbunden werden sollten. Oben (§. 115) wurde bereits ein Beispiel solcher Kreuzung der Fluss- und Kanalschifffahrt angeführt. Die mit Kohlen beladenen Schiffe, welche den Kanal, Lehigh-Navigation genannt, herabkommen, fahren bei Easton über den Delaware in den Morris-Kanal, um New-York zu erreichen. Beide Kanäle, obwohl ihre Mündungen in den Delaware einander gegenüber liegen, stehen aber unter sich in keiner Beziehung, und jeder derselben tritt mittelst einer Schleuse in den Strom ein.

Nach demselben Princip hatte man auch den Kanal du Midi den Orli-Fluss geleitet. Die beiderseitigen Kanal-Mündungen waren mit Schleusen versehen. Da jedoch der Fluss bei kleinem Wasser nicht die nöthige Fahrtiefe hatte, so musste er unterhalb durch ein Wehr aufgestaut werden. Vor diesem Wehre waren die Schiffe von dem einen Ufer zum andern, indem eine gesetzte Wand, gegen welche sie sich lehnen, das Herübertreiben über das Wehr verhindert. Es traten indessen bald Versammlungen ein, und man führte daher vom linken Ufer aus eine einzelne weit vortretende declinante Buhne bis nahe ans rechte Ufer. Das Wehr, welches vom rechten nach dem linken Ufer abwärts geneigt war, wurde dagegen an der Seite des linken Ufers mit einer Oeffnung versehen, und sonach bildete man im Flussbette eine sehr scharfe Serpentine, deren Uebergang vom rechten auf das linke Ufer den Weg für die Kanalschiffe darstellte. Hierbei wurde augenscheinlich der Vortheil aufgegeben, dass die beiden Mündungen einander gegenüber lagen. Die Kanalschiffe, welche von dem rechten nach dem linken Ufer fuhren, kamen mit dem starken Strome von selbst herab, in entgegengesetzter Richtung müssen sie aber mit grosser Mühe heraufgewunden werden, und in beiden Fällen ist der Uebergang, namentlich bei etwas höheren Wasserständen, mit grossen Gefahren verbunden.

Bei grössern Strömen, die selbst schiffbar sind, lässt sich in Verbindung mit den sie kreuzenden künstlichen Schiffahrtswegen nicht füglich umgehen und dieselbe ist sogar nothwendig, um die Schiffe aus den Kanälen in die Ströme, und umgekehrt, gelangen zu lassen. In allen übrigen Fällen pflegt man dagegen neuerer Zeit die Wasserläufe, denen ein Kanal begegnet, so zu kreuzen, dass sie nicht in Verbindung gesetzt werden. Wenigstens sorgt man dafür, dass eine solche Verbindung, wenn sie bei kleinem Wasser auch besteht, und zur Speisung des Kanales dient, doch aufgehoben werden kann, sobald höhere Wasserstände eintreten und eine Ueberlastung des Kanales oder ein starkes Antreiben von Sand und Kies besorgt werden kann. Eine Anordnung dieser Art ist bereits §. 122 beschrieben und Taf. LXXV Fig. 367 dargestellt worden.

Am häufigsten geschieht es, wie auch in dem so eben erwähnten Falle, dass der Bach oder Fluss unter dem Ka-

nale hindurchgeführt wird, also der Kanal in grössere als jener sich befindet. Diese Anordnung bietet insofern die meisten Schwierigkeiten bei der Ausführung, als die auf Bach- und Flussbetten schon immer die tiefsten Einsenkungen des Bodens zu verfolgen pflegen. Nichts desto weniger ist es auch vor, dass kleine Wasserläufe über Schiffahrtskanäle geführt werden. Namentlich ist dieses der Fall bei kleinen Wasserleitungen. So liegen in einzelnen Brücken, welche die Kanäle von Givors und Nivernais führen, gusseiserne Wasserleitungen.

Die Ueberführung eines schiffbaren Kanales über einen Bach oder Fluss ist nicht wesentlich von einer gewöhnlichen Ueberführung auf Strassen oder Eisenbahnen verschieden, sie ist insofern schwieriger und mit grösserer Sorgfalt auszuführen, ein Durchlass unter einem Kanale und noch mehr ein Ueberfahren eines Kanals kanalerweise sein muss. Indem aber bei jedem Stützwerke ein Gewölbe, oder beim Nachgehen eines Pfeilers oder einer Säule Risse entstehen, und diese die Wasserdichtigkeit gefährden, so muss man sowohl in der Fundirung, als auch in der Ausführung der Dimensionen und des Materials, besonders aber in der Ausführung eine weit grössere Vorsicht, als bei gewöhnlichen Ueberführungen anwenden.

Die Grösse der Durchflussöffnung bestimmt die Wassermenge, welche der Bach oder Fluss zur stärksten Anschwellung abführt. Es genügt freilich die kleinste Oeffnung zur Abführung der grössten Wassermenge, die entsprechende Druckhöhe sich davon bilden kann, nämlich nicht so viel Wasser abfliesst, als zufliesst, so dass das Wasser vor der Brücke die Druckhöhe nimmt also mit ihr die Geschwindigkeit, woher der Abfluss sich ergibt. Dieses geschieht so lange, bis endlich der letztere dem Zufluss gleich wird. Nichts desto weniger ist es bei Brücken nicht zulässig, die Stauhöhe und die Geschwindigkeit zu vergrössern. Eine übermässige Geschwindigkeit des hindurchgehenden Wassers würde nämlich die Brücke selbst in Gefahr setzen, auch kann das weiter abwärts belegene Terrain dadurch Schaden erleiden. Namentlich entstehen dicht hinter einer sehr engen Durchflussöffnung tiefe Auskalkungen, welche die Fundirung der Brücke gefährden.



hrden. Stehn diese auf festem Felsboden, so ist die Gefährdung, und wenn man ausserdem recht dauerhafte Steine von Mörtel angewendet hat, so ist eine starke Geschwindigkeit des Wassers, die vielleicht 15 bis 20 Fuss in der Sekunde beträgt, in seltenen, besonders starken Fluthen noch zulässig. Dabei kommt freilich noch der Umstand in Betracht, ob in solchem Falle Baumstämme und dergleichen massenreiche Körper hindurchtreiben, die durch den Stoss die Brücke zerlegen könnten. Wenn eine Besorgniss dieser Art besteht, um zu starke Geschwindigkeiten vermeiden müssen. Bei engen aufgeschwemmtem Boden pflegt man die Gefährlichkeit selbst in den äussersten Fällen nicht über 8 bis 10 Fuss anwachsen zu lassen.

gewöhnlich ist die Rücksicht auf die Erhebung des Wassers vor der Brücke in noch höherem Grade maassgebend. Es darf das Wasser nicht so hoch steigen, dass es über die Brückendämme oder die Seitenmauern in den Kanal stürzt. Und aber, um dieses sicher zu verhindern, den äusseren Wasserspiegel nicht entfernt diese Höhe erreichen lassen. Ausserdem darf der durch die Brücke verursachte Stau auch nicht den liegenden Aeckern, Gärten oder Gebäuden nachtheilig werden. endlich pflegt man, wenigstens bei grössern überwölbten Brücken, den Wasserspiegel auch nicht über die Anfänge der Brücken zu lassen, damit schwimmende Körper und ansehnliche Schollen hindurchtreiben können, ohne an das Gewölbe zu stossen.

Wenn die grösste Wassermenge bekannt wäre, welche ein Fluss bei besonders starken Anschwellungen abführt, so liesse sich mit Rücksicht auf das vorhandene Gefälle, die Länge und Höhe der Oeffnungen in der Art bestimmen, dass unter bestehenden Bedingungen genügt würde. Man hat indessen gemeinen niemals Gelegenheit, die grösste Wassermenge zu messen. Näherungsweise kann man dieselbe aus der Ausdehnung des Flussgebietes finden (§. 27), indem man annimmt, dass in jeder Quadratmeile 300 bis 600 Cubikfuss in der Sekunde abfliessen. Bei kleineren Gebieten und für Gebirgsgegenden ist die letzte Zahl, für Ebenen und ausgedehnte Flussgebiete die erste. Auch kann man aus den Profilen von Brücken,

die über dieselben Wasserläufe und zwar in der Nähe bereits erbaut sind, auf deren Angemessenheit schliessen. Sind die Brücken heftig durchströmt oder auch wohl überströmt worden, so wird man ein grösseres Profil wählen müssen, dagegen ein kleineres schon genügen, wenn grosse Sand- und Kiesmassen sich darunter abgelagert haben. Man darf aber die Gefälle bei dieser Untersuchung nicht unbeachtet lassen. In ähnlicher Weise können auch besonders enge Profile in der Nähe, die von verserfreien Ufern eingeschlossen sind, zum Anhalt dienen, wenn man sichere Nachrichten über das Verhalten der Strömung dorthin zur Zeit der höchsten Fluthen einziehen kann.

Demnächst pflegt man die Durchlassöffnungen, wenn auch nur geringe Wassermassen hindurchgeführt werden, doch wenigstens so hoch und weit zu machen, dass man hineingehen kann um theils die nöthigen Räumungen, theils auch bei Reparaturen das Ausfugen der Mauern vornehmen zu können. Wenn dagegen die abzuführende Wassermenge ein weites Profil fordert, oder dass es aus andern Gründen, wie etwa mit Rücksicht auf den Eisgang, nöthig wäre, eine einzelne weite Durchlassöffnung darzustellen, so liegt gemeinhin ein grosser Vortheil darin, Zwischenpfeiler anzubringen und die Oeffnung in mehrere kleinere zu zerlegen. Dieses Verfahren findet nicht nur bei grossen Brückenkanälen Anwendung, sondern auch bei Durchlässen. Der Vortheil dabei bezieht sich aber nicht allein auf die grössere Festigkeit eines kleineren Bogens, sondern häufig ist bei der gegebenen Höhenlage des Kanales die Darstellung einer grössern Pfeilhöhe des Gewölbes unmöglich, und dadurch wird auch die Anwendung weit gespannter Bögen unzulässig.

Sind die Durchlassöffnungen nur geringe, so pflegt man, wie auch bei Durchlässen unter Strassen geschieht, den überwölbten Kanal unter den beiderseitigen Dossirungen des Dammes fortzusetzen. Bei grössern Oeffnungen ist es dagegen wohlfeiler, das Gewölbe nur unter dem Bette des Schiffahrtskanales und des Leinpfaden auszuführen, und letztere gegen Stürzmauern sich lehnen zu lassen. Man pflegt diese Anordnung zu treffen, sobald die Oeffnung etwa 12 bis 15 Fuss beträgt, doch kommt dabei auch die Höhe der Dammschüttung in Betracht.

den Vorsichtsmaassregeln, die man anwendet, um Filz vorzubeugen, wird später ausführlicher die Rede sein; in Betreff der Durchlässe, die mit Erde überschüttet nur zu erwähnen, dass man in der Mitte der beiden Kanäle zuweilen niedrige Mauern, ähnlich den sonstigen Mauern, über die Gewölbe stellt, die, mit letzteren gehörig verbunden, denselben Zweck, wie Heerdmauern haben, nämlich die Gewölbe, die sich etwa längs der Fuge zwischen dem Gewölbe der Erde hinziehen möchten, zu unterbrechen. Es darf hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Gewölbe mit einer wasserdichten und nach beiden Seiten abfallenden Abdeckung versehen, und die Erde darüber in dünnen Lagen gebracht und festgestampft werden muss. Die Sohle des Gewölbes wird über den Durchlässen aber jedesmal noch besonders (§. 126).

zu prüfen ist der Boden an der Stelle, wo der Kanal einen Durchlass erhält, so sumpfig und lose, dass die Fundirung des Durchlasses besonders schwierig erscheint. Alsdann ist es angemessen, die Fundirung des Bachbettes vorzunehmen und den Durchlass auf einen festeren Grund zu stellen. Man erreicht dabei noch den Zweck, dass man den Bau entweder ganz im Trocknen ausführen kann, oder doch wenigstens der Bach, der erst später mit Wasser gefüllt wird, während der Arbeit davon entfernt bleibt. Man muss der Durchlass an einer Stelle sich befinden, wo der Bach einen ziemlich regelmässigen Lauf hat, und man muss ihn in der Nähe decken, damit dieselben nicht abbrechen durch Einrisse entstehen, die vielleicht den Durchlass selbst zu beschädigen könnten. In vielen Fällen hat man in der Anordnung der Durchlässe freie Wahl, und man verlegt sie alsdann, besonders wenn es sich nur um kleine Wasserläufe handelt, oft auf weite Entfernungen, indem man den Seitengraben zur Entwässerung des Baches benutzt. So geschieht es, dass man in dieser Weise auch mehrere kleine Bäche verbindet, und sie in einem künstlichen Durchlasse unter dem Kanale hindurchführt. Ist man sie zuweilen bis zur nächsten Schleuse und lässt sie in dem Oberboden derselben, in welchem man einen überhöhten Kanal darstellt, auf die andere Seite des Schiffahrtskanales

treten. Diese Anordnung ist indessen nicht zu empfehlen, das Mauerwerk der Schleuse dabei zu leiden pflegt.

Häufig tritt der Uebelstand ein, dass der Bach nicht genug unter dem Kanale liegt, um unter der Sohle hindurchgeführt werden zu können. Hat der Bach abwärts ein starkes Gefälle, so kann man leicht durch Verändern seines Bettes ihn schon vor dem Eintritt in den Durchlass senken, oder man kann ihn auch mit Benutzung dieses Gefälles ein wenig weit zur Seite des Kanales führen, und ihn erst hindurchleiten, sobald er sich tief genug gesenkt hat. Zuweilen ist es auch möglich, den Bach in einem tiefen Graben bis um die nächst halb gelegene Schleuse herumzuführen, woselbst der Durchlass auf grösserer Höhe sich befindet, und dadurch die erforderliche Differenz dargestellt wird. Es ist gewiss immer sehr empfehlenswerth, auf einem oder dem andern dieser Wege schon bei der Projektion des Kanales die Schwierigkeit zu beseitigen, den Bach, dessen Thal der Kanal verfolgt, durch Umlenkung und Vertiefung so zu senken, dass der Seitenbach, wenn er den Kanal kreuzt, gleichfalls ein so tiefes Bett erhält, mit gehörigem Gefälle unter dem Kanale hindurchfliessen kann.

Man hat indessen häufig noch auf andre Art dieser Schwierigkeit zu begegnen gesucht, nämlich mittelst der sogenannten herabförmigen Durchlässe. Die Benennung ist insofern passend, als ein solcher Durchlass, der tiefer als der Bach in den das Wasser also von einer Seite herabstürzt, und auf der andern Seite wieder bis zu seiner frühern Höhe ansteigt, kein eigentlicher Heber ist. Man muss in diesem Durchlass auf beiden Seiten mit Kesseln oder Brückenmauern, auch die Kanaldämme so erhöhen, dass sie beim Anstrome des hoch gelegenen Baches nicht überströmt oder durchbrochen werden. Im Uebrigen bietet eine solche Anlage in der Ausführung keine Schwierigkeit, wohl aber stellen sich dabei sehr grosse Uebelstände dar. Es leuchtet ein, dass alles Schutt und Gerölle, welches der Bach mit sich führt, durch den Durchlass herabstürzt, aber auf der andern Seite nicht wieder herausgehoben werden kann. Es füllt also nach und nach den Durchlass an. Aber auch selbst das feine Material wird bei schwacher Strömung darin niedergeschlagen, und es lagert sich gewöhnlich



Es es auch bei der starken Strömung nicht gelöst und entfernt wird. Man muss daher künstliche Räumungen anwenden. Diese sind aber sehr mühsam, selbst wenn der Bach zu Zeiten auch ganz versiegt. Man muss zunächst das Wasser aus dem Durchlasse ausschöpfen, und wenn dieses geschehn ist, das Material nicht nur lösen und ausgraben, sondern es in den Brunnen auch bis zur Höhe des Terrains aufheben. Bei dem Kanale du Midi sind andern Kanälen hat der erwähnte Uebelstand sich als höchst erschwerend zu erkennen gegeben. Man hat ihn zuweilen dadurch etwas zu mässigen versucht, dass man den Brunnen, aus welchem das Wasser abfließt, in einen offenen Graben mit flach ansteigender Sohle verwandelt hat. Man erreicht dadurch allerdings den Vortheil, dass man das abgegrabene Material bequemer aus dem Durchlasse auskarren kann, aber der grössere Querschnitt giebt wieder Veranlassung, dass die Niederschläge um so stärker sind, und ihre Masse wird sonach hierdurch keineswegs vermindert.

Eine andre Gefahr, welche diese Anordnung veranlasst, bezieht sich auf den starken Druck, dem das Gewölbe des Durchlasses von der untern Seite ausgesetzt wird. Beim Seitenkanale der Oise schwoll nach Minard's Mittheilung ein in solcher Art durchgeführter Bach etwa 3 Fuss hoch über den Wasserspiegel des Kanales an, und obwohl die Seitendämme seinen Eintritt in den letzteren verhinderten, so gab das Gewölbe des Durchlasses nach und wurde aufgehoben. Am Kanal du Centre hat man diesem Uebelstande dadurch zu begegnen gesucht, dass man über das eigentliche Gewölbe des Durchlasses noch ein zweites und zwar ein verkehrtes spannte, das sich gegen dieselben Widerlager, wie das untere, lehnte, indem die Mauern höher heraufgeführt waren. Augenscheinlich erhält indessen hierbei die Decke des Durchlasses eine bedeutend grössere Höhe, oder man muss den Durchlass um so tiefer senken, und der oben erwähnte Uebelstand der Anfüllung desselben mit Erde und Steinen tritt um so mehr ein.

Statt massiver Durchlässe sind zuweilen auch hölzernen ausgeführt, wie z. B. unter dem Münsterschen Kanale, wo mehrere und selbst bedeutende Bäche in solchen hindurchgeleitet wurden. Ihre Anwendung ist indessen wegen der geringen Dauer-

haftigkeit des Holzes und Ueberschüttung mit Erde.

Dagegen lassen sich vortheilhaft durch gusswöhnlichen Verbindung giessen mit Blei (§. 23) annehmen, ohne dass d. Umstand ist von grosse nicht gar zu lose ist, unter der Röhrenleitung die Röhre nur auf d. den zu verlegen, und dem Angriffe zu e. Störn- und Flügelma Setzen des Damme hieran Theil, ohne kann auf diese A wenn man der Zuweilen ist die auch mehrere

Man hat nicht unmittel- dung vielmel der etwa 3 andrer, als schiebe auf durch da- Leitung - geeignet- kann. die Sol- nehmer aufneh- ist n. Ausse- die dazv- sine-

ist es aber sehr nachtheilig, einzelne Ketten an den Stirnen oder im Innern einzusetzen, da ein ungleichmässiges Setzen und das Entstehen von Rissen kaum vermieden werden kann.

Die Bogen ausgerüstet sind und sich gesetzt haben, wird, und bringt alsdann gemeinhin noch mehrere solcher Steine auf, die gleichfalls in hydraulischem Mörtel zu werden. Darüber breitet man eine Bétonlage auf, deckt dieselbe mit feineren Mörtelschichten, damit diese in jeder sich beim Erhärten bilden möchten, und wieder gefüllt werden. Man muss aber durch Bedecken mit Stroh ein zu schnelles Erhärten zu vermeiden, weil dadurch die Bildung solcher Risse sehr

erleichtert. In dieser Weise ist es allerdings möglich, eine vollständige Homogenität darzustellen, aber sehr schwierig und viel kostbarer ausführbar ist es, dieselbe dauernd zu erhalten, wovon ist in den Veränderungen und Bewegungen, welche das Mauerwerk und die Bogen später theils durch das Setzen, vorzugsweise aber bei der Ausdehnung und Kontraktion in der Wärme und Kälte erfahren. Man hat diesen Uebelstande durch Anwendung eines elastischen Bedeckens zu begegnen, wozu der Asphalt sich wohl am besten eignet, auf dem bereits oben (§ 118) beschriebenen sehr beliebigen Brückenkanäle über die Mosel bei Liverdon hatte man dieses Mittel Gebrauch gemacht. Zwischen den Stirnmauern, welche die Leinpfade bildeten, wurde in verschiedenen Lagen ein Asphalt aufgebracht, das über den Pfeilern 3 Fuss 2 Zoll und zwischen den Scheiteln der Bogen 1 Fuss 7 Zoll stark war. Durch dieses doppelte Bedecken mit Stroh hatte man das Reißen des Bétons zu verhindern gesucht, und nachdem derselbe vollständig abgetrocknet war, brachte man eine nahe 7 Linien starke Lage Asphalt auf, in welche, während sie noch flüssig war, kleine flache Steine eingedrückt wurden. Auf diesen Mosaikboden wurde eine starke Lage Sand geschüttet, und darüber ein Pflaster von Kalksteinen gebildet. Letzteres war nothwendig, um den Boden vor Beschädigungen beim Einsetzen der Stangen zu schützen. Als ich diesen Brückenkanal sah, war er mit Wasser

Filtration mit der Grundfläche, also mit der Breite zunimmt, pflegt man den Kanal möglichst zu verengen, und ihm eine grössere Breite, als in den unterirdischen Strecken zu geben. Ausserdem ist es namentlich in England nicht ungewöhnlich, den Leinpfad auf hölzerne oder eiserne Säulen zu stellen, damit auch demselben das Wasser am Schiffe vorbeifliessen kann, wodurch der Widerstand des letztern wesentlich vermindert wird.

Das Gewicht eines Brückenkanales ist im Allgemeinen bedeutender, als das einer andern Brücke, weil das Wasser darin 4 bis 5 Fuss hoch gehalten werden muss. Dieses Gewicht vergrössert sich aber noch bedeutend, indem in Bezug auf die Wasserdichtigkeit gewisse Verstärkungen und besondere Vorkehrungen erforderlich werden.

Bei massiven Brückenkanälen muss aus diesem Grunde jeder Bogen stärker werden, als er sonst zu sein braucht, und sein grösseres Gewicht erfordert wieder festere Widerlager und Mittelpfeiler. Die Construction ist mit derjenigen der gewölbten Brücken genau übereinstimmend, nur die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit erfordert die Anwendung fester und dichter Steine und eines gut erhärtenden Mörtels, der auch vom Wasser nicht aufgelöst wird. Poröse Steine, die in andern Fällen zu Gewölben sehr brauchbar sind, dürfen unter dem Kanale nicht vermauert werden. Durch den Brückenkanal über die Schwarzach auf dem Main-Donau-Kanale drang das Wasser wegen Undichtigkeit der Steine in grossen Massen hindurch, so dass die Tropfen in solcher Grösse und Menge wie bei einem starken Gewitterregen niederfielen.

Minard leitete aus der Vergleichung verschiedener ausgeführter massiver Brückenkanäle, worin der Wasserstand 5 Fuss betrug und die nach Kreissegmenten gewölbt waren, die Regel her, dass die Stärke des Bogens bei 10 Fuss Spannung 25 Zoll beträgt, und um nahe  $\frac{1}{4}$  Zoll zunimmt, sobald die Spannung um 1 Fuss wächst. Dass die Wölbsteine nicht vergessen werden dürfen, sondern in volle Mörtelfugen versetzt werden müssen, bedarf kaum der Erwähnung. Da dieses aber bei Anwendung kleinerer Bausteine leichter und sicherer ist, als bei grossen Werkstücken, so ist es vorzuziehen, die Gewölbe aus gebrannten Steinen oder auch aus lagerhaften und roh bearbeiteten Bruchsteinen an-



Bren. Jedenfalls ist es aber sehr nachtheilig, einzelne Ketten grösseren Werkstücken an den Stirnen oder im Innern einzubetten, weil alsdann ein ungleichmässiges Setzen und das Entstehen von bedeutenden Rissen kaum vermieden werden kann.

Nachdem die Bogen ausgerüstet sind und sich gesetzt haben, mauert man sie, und bringt alsdann gemeinhin noch mehrere Schichten fester flacher Steine auf, die gleichfalls in hydraulischem Mortel vermauert werden. Darüber breitet man eine Betonlage auf, und überdeckt dieselbe mit feineren Mörtelschichten, damit die Risse, welche in jeder sich beim Erhärten bilden möchten, leicht die folgende wieder gefüllt werden. Man muss aber durch häufiges Ueberdecken mit Stroh ein zu schnelles Erhärten zu verhindern suchen, weil dadurch die Bildung solcher Risse sehr befördert wird.

Auf diese Weise ist es allerdings möglich, eine vollständige Wasserdichtigkeit darzustellen, aber sehr schwierig und vielleicht ganz unausführbar ist es, dieselbe dauernd zu erhalten. Grund hiervon ist in den Veränderungen und Bewegungen zu suchen, welche das Mauerwerk und die Bogen später theils Folge des Setzens, vorzugsweise aber bei der Ausdehnung und Zusammenziehen in der Wärme und Kälte erfahren. Man hat versucht, diesem Uebelstande durch Anwendung eines elastischen Bindemittels zu begegnen, wozu der Asphalt sich wohl am besten eignet. Auf dem bereits oben (§ 118) beschriebenen sehr bedeutenden Brückenkanale über die Mosel bei Liverdun hatte man diesen Mittel Gebrauch gemacht. Zwischen den Stirnmauern, welche die Leinpfade bildeten, wurde in verschiedenen Lagen ein Mosaikebett aufgebracht, das über den Pfeilern 3 Fuss 2 Zoll und in den Scheiteln der Bogen 1 Fuss 7 Zoll stark war. Durch häufiges Bedecken mit Stroh hatte man das Reissen des Bétons möglichst zu verhindern gesucht, und nachdem derselbe vollständig erhärtet war, brachte man eine nahe 7 Linien starke Lage Asphalt auf, in welche, während sie noch flüssig war, kleine flache Buchen eingedrückt wurden. Auf diesen Mosaikeboden wurde eine starke Lage Sand geschüttet, und darüber ein Pflaster von neuen Steinen gebildet. Letzteres war nothwendig, um den Asphalt vor den Beschädigungen beim Einsetzen der Stangen zu schützen. Als ich diesen Brückenkanal sah, war er mit Wasser

gefüllt, und in allen Brückenöffnungen, welche beim kleinen Wasserstande der Mosel zugänglich waren, zeigten sich die untere Fläche der Gewölbe vollkommen trocken, nur an einer einzigen Stelle zur Seite eines Mittelpfeilers war das Mauerwerk etwas leuchtend. Die Wasserdichtigkeit war hier also beinahe vollständig erreicht, aber der Asphalt war auch erst in demselben Jahre aufgebracht, und bedeutende Temperatur-Veränderungen seitdem noch nicht eingetreten.

Bei den in England vielfach ausgeführten massiven Brückenkanälen hat man die Dichtung der Sohle nicht sowohl durch die Ueberdeckung mit Béton und hydraulischem Mörtel zu erreichen gesucht, obwohl auch dieses nicht unterblieben ist, als vielmehr durch Anbringung einer Puddle-Bettung. Dieselbe erfüllt auch ihren Zweck, so lange der Kanal mit Wasser gefüllt bleibt. Wenn man dagegen längere Zeit hindurch das Bett trocken lässt, und wenn vollends starker Frost eintritt, so reißt es, und die angetroffenen Stellen lassen sich alsdann nicht anders, als durch vollständige Erneuerung des Puddle's wieder schliessen.

Die Darstellung eines wasserdichten Anschlusses der Erdschüttung gegen den massiven Brückenkanal ist schwer darzustellen und in verschiedenen Temperaturen noch schwerer zu erhalten. Man pflegt wohl, um einen allmählichen Uebergang zu bilden, der Erde in der Nähe der Brücke Kalk zuzusetzen, und zunächst neben dem Widerlager sogar eine Art Mörtel, der sehr viel Sand enthält, zu verwenden, der aber ebenso wie die Erdschüttung lageweise aufgebracht und fest gestampft wird.

Endlich wirkt auf die massiven Brückenkanäle auch der Frost sehr nachtheilig ein. Bei ihrer ganz freien Lage wird das darin enthaltene Wasser sich nicht nur mit einer Rinde überziehen, wie in den andern Kanalstrecken, sondern ausserdem auch vollständig gefrieren, und dabei die Seitenmauern herausdrängen. Um dieses zu verhindern, pflegt man bei eintretenden Frosten jeden Brückenkanal zu leeren. Dieses ist insofern leicht, als gemeinhin dicht dahinter eine Schleuse liegt, und man den zunächst oberhalb belegenen Kanaltheil durch Einsetzen von Dammhaken davon absperrern kann. Dagegen leidet der Béton, wenn er nicht mehr vom Wasser bedeckt ist und vollständig austrocknet. Wenn dieses aber auch nicht der Fall, und der Béton, wie zu

beschrieben, mit Sand überdeckt ist, so leidet er dennoch, wie auch das ganze Mauerwerk durch die starke Abkühlung. Im Union-Kanale bei Edinburg hat man eine Art von Heizung angebracht, indem unter dem Schiffahrtskanale ein Luftkanal von einem Ufer bis zum andern sich hinzieht, und auf dem einen mit einem Feuerraume, auf dem andern dagegen mit einem Schornsteine in Verbindung steht. Man hat hier aber die Bemerkung gemacht, dass es der Feurung nicht bedarf, vielmehr aus dem Honern der hohen Dammschüttungen so viel Wärme abgesetzt wird, dass die Luft, welche jenen Kanal durchstreicht, schon das Frieren des Wassers verhindert. Ein so günstiges Resultat dürfte in diesen im nördlichen Deutschlande nicht zu erwarten sein, wo die Winter viel kälter sind, als in Schottland.

Holz-Constructionen sind bei Brückenkanälen, namentlich in früherer Zeit, vielfach angewendet; sie sind freilich sehr vergänglich und erfordern mehr Reparaturen, als der Massivbau, aber es ist nicht zu verkennen, dass sie vor dem letztern den wesentlichen Vorzug einer grössern Wasserdichtigkeit haben, und dieselbe, wenn sich irgendwo ein Leck zeigen sollte, sehr leicht wieder hergestellt werden kann, vorausgesetzt, dass die Rinne, die den Kanal bildet, überall leicht zugänglich ist. Grosse Schiffe, die 15 bis 20 Fuss, auch wohl noch tiefer eintauchen, werden so sicher gedichtet, dass nur ganz unbedeutende Wassermassen unter dem starken Drucke eindringen. Es ist daher leicht, bei Anwendung derselben Mittel einen Brückenkanal zu dichten, der nur wenige Fuss hoch mit Wasser angefüllt wird. Die hölzerne Rinne besitzt aber immer eine gewisse Biegsamkeit, und kann daher, selbst wenn die Joche oder Pfeiler etwas nachgehen sollten, ihre Wasserdichtigkeit behalten, oder wenn sie beeinträchtigt wird, so ist sie leicht wieder herzustellen. Schwieriger ist es allerdings, einen gehörig dichten Anschluss des Holzes an die beiderseitigen Erdschüttungen zu bilden, aber wenn dieses auch nicht vollständig gelingt, so pflegt der ganze Wasserverlust doch immer noch geringer zu sein, als bei massiven Brückenkanälen.

Der Kanal von Givors ist nach der Mittheilung von Schulz\*) über eine hölzerne Brücke geführt, die sieben Oeffnungen von

\*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Seite 83. Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 3.

10 Fuss Weite hat. Sie ruht auf gewöhnlichen Pfahljochen, deren Enden verstreute Wände aufgestellt sind, welche die seitigen Leinpfade tragen, während Balken dicht schliessend mit halben Spundungen versehen die Sohle und Seitenwände des Kanales bilden. Die Fugen sind wie bei einem Schiffe gelöst und der Sicherheit wegen noch mit Bohlen überzogen.

In Amerika sind hölzerne Brückenkanäle vielfach angewendet worden, und zum Theil mit sehr weiten Spannungen. eigenthümlicher Vorschlag für einen solchen verdient zunächst Erwähnung, wenn es gleich zweifelhaft ist, ob derselbe zur Ausführung gekommen ist \*). Der Ingenieur für den Rideau-Fluss in Canada, M'Taggart, beabsichtigte nämlich, um der Brücke von Pfeilern oder hölzernen Jochen überhoben zu sein, in dem mit starken Bäumen bewachsenen Thale, welches übersetzt werden sollte, diese Bäume nicht etwa zu fällen und sie dann einzurammen oder als Jochwände zu verzimmern, sondern sie zu benutzen, wie sie von Natur standen. Er wollte sie an der passenden Höhe abschneiden, Holme darauf legen, und über die Balken strecken, welche die Sohle des Kanales bilden.

Einer der bedeutendsten Brückenkanäle wurde 1829 am Alleghany-Fluss bei Pittsburg, und zwar in dem Pennsylvania-Kanale erbaut. Er war 1060 Rheinländische Fuss lang und sieben Oeffnungen von 145 Fuss lichter Weite. Die Kanäle war oben 16, unten 15 Fuss breit, und 5 Fuss hoch. Es darin ein Wasserstand von 4 Fuss 3 Zoll gehalten. Auf jeder Seite befand sich ein Leinpfad für Pferde von nahe 4 Fuss Breite, der jedoch von dem Kanale jedesmal durch ein niedriges Sperrwerk getrennt war, worüber die Leine glitt, und welches hinderte, dass die Pferde nicht dem Kanale zu sehr sich nähern konnten. Vier Sprengwerke überspannten jede Oeffnung, jedes derselben bestand aus einer verstreuten Wand, an welche sich zu beiden Seiten hölzerne Bogen, aus je drei Rippen bestehend, anschlossen. Die äusseren beiden Sprengwerke erstreckten sich bis zu grösserer Höhe fort, und trugen Querbalken, auf welche eine leichte Verdachung ruhte. Die Rinne, welche den eigentlichen

---

\*) *Sketch of the Civil Engineering of North-America* D. Stevenson. pag. 194.



ildete, bestand nur aus Halbhölzern, die stumpf an ein-  
 elegt, und in den Fugen wie ein Schiff durch eingetrie-  
 Verg und darüber gegossenem Pech gedichtet waren \*)  
 er Bau ist indessen gegenwärtig nicht mehr vorhanden.  
 ember 1844 wurde er abgetragen und im Mai des fol-  
 Jahres gingen die Schiffe bereits über den neuen Brücken-  
 der nach dem Systeme der Hänge-Brücke von Drahtseilen  
 wird. Es ist dieses, soviel bekannt, das einzige Beispiel,  
 i grösserer Kanal an Ketten oder Drähte gehängt worden.  
 schlug freilich schon 1823 \*\*) eine solche Anwendung des  
 nes der Hängebrücken vor, man hatte indessen wahr-  
 ch mit Rücksicht auf die Schwankungen hiervon nicht  
 k machen mögen, und angesehentlich würde die Wasser-  
 ht der Rione in hohem Grade gefährdet werden, wenn  
 wa durch Stürme in Bewegung gesetzt werden sollte. Ein  
 Kanal ist indessen in andrer Beziehung vor Einbiegungen  
 überhaupt vor Schwankungen in vertikaler Richtung weit  
 sichert, als jede andre Brücke, weil er immer gleichmässig  
 e bleibt. Selbst wenn das schwerste Schiff hinüberfährt,  
 rössert dieses weder die Belastung im Allgemeinen, noch  
 i derjenigen Stelle, wo es sich gerade befindet, denn das  
 gte Wasser wiegt jedesmal eben so viel, wie das Schiff,  
 s seine Stelle einnimmt. Die Belastung bleibt also nicht  
 estant, sondern auch gleichmässig über die ganze Länge  
 k. Hiernach dürfte dieses System sich allerdings für Brücken-  
 eignen, wenn keine äussern Ursachen starke Schwankungen  
 n lassen. Pferde und einzelne Menschen, welche auf den  
 n Leinpfaden gehn, können aber bei dem sehr grossen  
 e des im Kanale enthaltenen Wassers keine merklichen  
 erungen veranlassen. Navier hatte vorgeschlagen, das  
 ttle aus gusseisernen Platten zusammenzusetzen. Dieses  
 idessen nicht passend sein, weil schon bei der Füllung  
 er eine Formveränderung eintritt, die eine gewisse Nach-  
 eit und Biegsamkeit in der ganzen Zusammensetzung ho-

*The Civil Engineer and Architect's Journal*, 1842, pag. 361.  
*Rapport et mémoire sur les ponts suspendus*, Paris 1823.

dingt. Gewalzte, durch Niethe verbundenen Bleche würden sich ohne Zweifel viel besser eignen.

Der neue Brückenkanal bei Pittsburg hat ein hölzernes Bett, das oben 16½, unten 14 Fuss weit und 8 Fuss hoch ist. Es besteht sowohl im Boden, als in den beiden Seitenwänden aus zwei Lagen Bohlen von 24 Zoll Stärke. Die Bohlen in beiden Lagen sind aber in diagonaler Richtung aufgebracht und liegen sich unter rechten Winkeln. Sie bilden daher sowohl in horizontaler, als in vertikaler Richtung eine Art von Gitterwänden, wodurch dem ganzen Bau eine grosse Steifigkeit giebt, und selbst heftigen Stürmen ein Schwanken ganz verhindern soll. In Abständen von 4 zu 4 Fuss ruht die hölzerne Rinne auf je zwei einander liegenden Querbalken, die zwischen sich die hölzernen Rüstungen für die Leinpfade tragen. Die Leinpfade sind 4 Fuss breit, und schliessen sich an die Seitenwände des Kanals an. Der Wasserstand in dem letztern beträgt 4 Fuss.

Die ganze Länge des Aquaducts misst 1106 Fuss. Pfeiler, welche theils unmittelbar den Kanal, theils auch Pyramiden tragen, auf welchen das Drahtseil aufliegt, sind von der Mitte 155 Fuss von einander entfernt. Zwei Drahtseile stützen die frei liegenden Theile des Kanals, indem von beiden Hängeeisen bis zu den Satteln herabreichen, auf welchen oben erwähnten doppelten Balken liegen. Jedes Seil reicht von der Pyramide eines Stirnpfeilers bis zu der auf dem gegenüber stehenden Pyramide. Es ist 1140 Fuss lang, 7 Zoll stark und besteht aus 1900 einzelnen Drahten (¼ Zoll Durchmesser \*).

Endlich sind auch die Brückenkanäle zuweilen in Eisen, oder in Gusseisen ausgeführt. Namentlich ist dieses in England geschehen.

Telford baute den Ellesmere-Kanal, und führte denselben über den Chirk-Fluss. Dabei beabsichtigte er in üblicher Weise den Kanal auf massive Bogen zu legen. Dieses ist auch geschehen, aber dennoch wurde schon in diesem Falle das Gusseisen zur Darstellung der Sohle benutzt. Das gewöhnliche Verfahren, das Mauerwerk mit einem Puddle-Bett zu überdecken, stellt

\*) *The Civil Engineer and Architect's Journal*, 1846, pag. 10.

nach Erfahrungen keine genügende Wasserdichtigkeit dar, wenn diese anfangs auch wirklich erreicht war, so verstand sie bald, und namentlich bei starkem Froste. Telford that, dass auch an den von Brindley ausgeführten Kanälen keine bedeutende Beschädigungen in dieser Beziehung vorgekommen, und manche Gewölbe eingestürzt sind. Er hielt es dafür nothwendig, den Kanal mit einer Sohle zu versehen, die nicht nur beim Froste nicht litt, wenn auch das Wasser abgelassen war, sondern welche auch die beiderseitigen Brustmauern und die Leinpfade fest verankerte. Hierzu schienen gusseiserne Platten am geeignetsten. Der Brücken-Kanal ist im Ganzen 1000 Rheinländische Fuss lang, und liegt 68 Fuss hoch über dem gewöhnlichen Wasserspiegel des Chirk. Er hat 10 Oeffnungen von 39 Fuss Spannung, und die Mittelpfeiler sind 13 Fuss stark. Die Pfeiler wurden im obern Theile hohl aufgeführt, so dass 4 krechte Oeffnungen sich in jedem bildeten. Die beiden äusseren Pfeiler sind mit starken Steinplatten überdeckt, indem die massiven Leinpfade darauf ruhen. Die beiden mittleren blieben dagegen offen. Die mittlere Scheidewand diente nur zur Unterstützung der Steinplatten. In gleicher Weise wurden auch auf die massiven Pfeiler fünf getrennte Mauern gestellt. Die gusseisernen Sohlenplatten, 11 Fuss lang, 4 Fuss 1 Zoll breit und 1 Zoll stark, überspannen die ganze Sohle des Kanales und greifen noch 6 Zoll in jede Brustmauer ein, woselbst sie durch starke Bolzen mit festen Quadersteinen verbunden sind. Die Stösse der Platten, nämlich nach der Quere des Kanales gerichtet, werden durch gebogene Ränder gebildet, die zusammengeschoben sind. Telford theilt nicht mit, ob Eisenkitt oder eine andre Zwischenlage, wie leicht Leder oder Bleistreifen zur Dichtung der Fugen benutzt wurden. Das Kanalbett ist unten 10 Fuss, im Wasserspiegel 14 Fuss breit und 5 Fuss tief. Die Brüstungsmauern, auf den beiden Seiten lothrecht aufgeführt, haben in der Krone die Breite von 5 Fuss 4 Zoll, und dienen zugleich als Leinpfade. Auswärts sind sie mit eisernen Geländern eingefasst. Dieser Brückenkanal wurde 1796 erbaut.

Ohngefähr in derselben Zeit baute Telford den Birmingham-erpool-Verbindungs-Kanal, der bei Nantwich über die Strasse von London nach Chester geführt werden musste. Hier wurde

zuerst das ganze Kanalbetto aus Gusseisen gebildet, und auf vier gusseiserne Bogen gestellt. Die Spannung betrug 300 Fuss, so dass der Kanal erhielt die Breite von 20 Fuss, wovon jedoch nur in dem mittleren Theil zum Durchgange der Schiffe diente, indem auf jeder Seite ein 4 Fuss breiter Leinpfad darüber trat, der auf einem Säulen ruht. Hierdurch wurde der Vortheil erreicht, dass das Wasser leicht an den Schiffen vorbeifliessen konnte, und auch der Widerstand derselben sehr gemässigt wurde.

Im Anfange dieses Jahrhunderts wurde der Elbowort-Kanal weiter ausgedehnt, und sollte über den Dee-Fluss geführt werden. Das Thal des letztern lag über 100 Fuss unter dem Kanale, so dass man dachte zunächst daran, den Kanal in mehreren Schleusen auf der einen Seite herab, und auf der andern wieder hinaufzuführen, weil man eine Ueberbrückung in der Höhe von 123 Fuss über dem Flusse für zu gewagt hielt. Man musste indessen hiervon abstehn, weil es an dem nöthigen Speisewasser fehlte, um die Schleusen auf der andern Seite des Thaies zu füllen. Nachdem bereits der gusseiserne Brückenkanal bei Nantwich ausgeführt war, entschloss sich Telford, eine ähnliche Construction auch hier anzuwenden, wodurch der ganze Bau augenscheinlich sehr erleichtert, und dadurch manche Besorgniss in Bezug auf seine Stabilität beseitigt wurde.

Dieser Brückenkanal, eines der kühnsten und dabei gelungensten Bauwerke ist unter dem Namen der Cysyllte-Brücke bekannt. Das eine Ufer des Dee fällt ziemlich steil ab, während das andre sich sanft senkt. Um den Aquaduct nicht zu lang werden zu lassen, führte Telford auf dem letzteren Ufer einen 1450 Fuss langen Erddamm aus, der den Kanal soweit trug, bis das Thal sich 73 Fuss darunter gesenkt hatte. An diesem Punkte beginnt der eigentliche Brückenkanal, der noch 976 Rheinländische Fuss lang ist. Er hat neunzehn Oeffnungen, die oben 45 Fuss weit sind. Drei derselben treffen in das Flussbetto. Die Pfeiler sind in der Höhe des mittleren Wasserspiegels, also 124 Fuss unter dem Kanale, 20 Fuss lang (in der Richtung des Flusses) und 12 Fuss breit, oben dagegen 13 Fuss lang und 7½ Fuss breit. Sie sind auf dem festen Sandsteine gegründet und 70 Fuss hoch massiv ausgeführt. Ihr oberer Theil ist hohl, indem nur eine 2 Fuss starke Mauer aus Werksteinen sie umgiebt, und eine Mä-



Mauer in der Richtung des Kanales hindurchgeführt ist. Dieses geschah theils in der Absicht, den Schwerpunkt zu senken, und durch die Stabilität dieser überaus schlanken Pfeiler zu verbessern, theils auch in der Ueberzeugung, dass grosse Mauern nie mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführt werden, und nur auch weniger sicher verbunden sind, als schwächere Mauern (§. 52). Die Pfeiler wurden ziemlich gleichmässig errichtet, und blieben stets durch leichte Laufbrücken mit einander verbunden, auf welchen das Mauermaterial beigebracht wurde, indem man vermeiden wollte, dasselbe zuerst bis zum Thale herabzulassen, und es alsdann wieder aufzuwinden.

Die Pfeiler erheben sich, wie Fig. 379 zeigt, bis zur Kanalhöhe, und unter derselben sind jedesmal vier gusseiserne Bogen gespannt. Die Anordnung dieser Bogen stimmt genau mit derjenigen überein, die man bei gusseisernen Bogenbrücken zu wählen pflegt. Jeder einzelne Bogen besteht aus drei Theilen, und wo dieselben zusammenstossen, berühren sie sich nicht unmittelbar, sondern stehen auf einer durchbrochenen gusseisernen Stossplatte auf, welche die vier Bogen unter sich verbindet und ihren gegenseitigen Abstand sichert. Aehnliche Platten, nämlich die Winkels-Platten, verbinden die Enden der Bogen mit den Pfeilern. Horizontale Diagonal-Stangen, zwischen je zwei Bogen geschraubt, verhindern aber das Verschieben nach der Seite. Endlich wäre noch in Betreff dieser Bogen zu erwähnen, dass die beiden äussern jedesmal von innen mit Eisenblech verkleidet sind.

Auf den vier Bogenrippen ruht das gusseiserne Kanalbett. Dasselbe ist im Lichten 11 Fuss 4 Zoll weit, und 5 Fuss 2 Zoll hoch, während der Wasserstand darin 4 Fuss 6 Zoll misst. Es besteht sowohl in der Sohle als in den Wänden aus gusseisernen Platten. Die Bodenplatten überspannen die Bogenrippen und ragen über dieselben noch 9 Zoll vor. Ihre Breite beträgt 5 Fuss. Sie sind mittelst vorstehender Ränder auf der obern Seite zusammengebrochen. Ihre äussern Ränder, die noch durch Verstärkungsrippen unterstützt sind, dienen zur Befestigung der Seitenplatten. Letztere, nach Art eines scheidrechten Bogens zusammengesetzt, ruhen wieder sowohl unten, wie an beiden Seiten vorstehende Ränder, mittelst deren sie mit den Sohlplatten, und unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Die lothrecht oder schräge



## Achtzehnter Abschnitt.

i n d e i c h u n g e n.

---

1

.



## §. 129.

### Anordnung der Deiche.

Die Eindeichungen niedriger Stromthäler stehen in naher Beziehung zu den Entwässerungen sumpfiger Gegenden, wovon schon im vierten Abschnitte dieses Werkes die Rede war. Eben so wie jene vor fremdem Wasser schützt (§. 27), so verhindern auch die zur Seite der Ströme erbauten Erddämme, die man Deiche nennt, das Eindringen des Hochwassers in die dahinter liegenden Niederungen. Letztere werden dadurch vor den Beschädigungen gesichert, welche die Strömung in der Bodensfläche und an den Gebäuden veranlassen könnte; sie werden zum Bau für Feldfrüchte nutzbar gemacht, und ihre Entwässerung lässt sich viel vollständiger, als früher ausführen. In solchen Stromthälern, die dem Wechsel der Fluth und Ebbe des Meeres noch nicht ausgesetzt sind, treten die Anschwellungen nur in längern Zwischenzeiten und grossentheils in bestimmten Jahreszeiten ein, während an den Küsten des Weltmeeres und der damit unmittelbar verbundenen Meeresbusen, so wie auch in den Mündungen der Ströme, die sich in diese ergiessen, der Wechsel von Hoch- und Niedrig-Wasser in wenig Stunden sich wiederholt. Bei letzteren haben die Deiche in mehrfacher Beziehung eine andre Bedeutung, und die Bedingungen ihrer Anordnung, so wie auch der zugehörigen Anlagen sind wesentlich verschieden von denen der Flussschleusen. Auf die Seedeiche muss daher im dritten Theile dieses Werkes nochmals zurückgekommen werden, und es erscheint am passendsten, alsdann alle Anlagen zu behandeln, welche mit dem Wechsel der Fluth und Ebbe beziehn. Diejenigen Anlagen, die diesem Wechsel ausgesetzt sind, werden auch unter dem Namen schon zu den Seedeichen gezählt.

Es muss zunächst auf einige Verschiedenheiten in dem Zweck und in der Anordnung der Stromdeiche aufmerksam gemacht werden. Dieselben sollen zuweilen nur den Verheerungen der Ueberströmung vorbeugen. Namentlich geschieht dieses, wenn der Strom zwischen niedrigen Ufern eine starke Serpentine bildet. Das kleine Wasser folgt alsdann dem gekrümmten Bette, schneidet aber die Ufer hoch überfluthet werden, so verlässt der Strom seinen frühern Lauf, und schneidet die Krümmung ab. Indem er aber auf dem geraderen Wege ein stärkeres relatives Gefälle findet, so ergiesst er sich mit grosser Heftigkeit über das Terrain und bedeckt dasselbe theils mit Sand und Kies, theils greift es aber auch an, indem er entweder einzelne Löcher darin auswühlt, oder wenn der Boden als Ackerland benutzt wird, reissert die fruchtbare Erddecke mit sich fort. Um dieses zu verhindern, durchschneidet man den Zug des Hochwassers auf dem Terrain, welches man schützen will, mit einem Deiche. Derselbe entzieht keinen Theil des Ufers der Ueberfluthung oder der Inundation, weil das Hochwasser unterhalb des Deiches frei eintreten kann. Eine solche Anlage nennt man eine offene Eindeichung. Wie weit man den Deich dem Scheitel der Serpentine nähern darf, soll später untersucht werden, da die betreffenden Bedingungen allen Stromdeichen gemein sind. Hier mag aber sogleich darauf aufmerksam gemacht werden, dass, wo man den Endpunkt eines offenen Deiches auch hinlegen mag, dicht unterhalb desselben das Hochwasser mit grosser Heftigkeit einströmt, und sonach hier dieselben Erscheinungen sich wiederholen, welche man durch die Anlage beseitigen wollte. Man begegnet denselben zum Theil dadurch, dass man den Deich sehr flach bis zur Höhe des natürlichen Terrains abfallen und in dasselbe auslaufen lässt. Dadurch wird aber mehr der Deich selbst, als das Terrain gegen Beschädigungen geschützt. Ganz gewöhnlich fordert der Besitzer der Feldmark, die dicht unterhalb des Deiches liegt, die Verlängerung desselben, indem er von der Anlage nur Schaden, aber keinen Nutzen hat. Sobald sein Wunsch oder seine billige Forderung Berücksichtigung gefunden hat, so kommt wieder der nächste Nachbar in dieselbe Verlegenheit, und in dieser Weise pflegt eine offene Eindeichung sich nach und nach immer weiter fortzusetzen, bis sie sich zuletzt auch mit ihrem untern Ende an ein wasser-

des Terrain, oder an einen andern Deich anschliesst, und so-  
ch ein geschlossener Deich daraus entsteht.

Diejenigen Deiche, welche die höchsten Winter- und Früh-  
ersthuthen abhalten oder kehren (dieser Ausdruck, im Hollän-  
ischen üblich, ist auch an manchen Strömen in Deutschland an-  
genommen), nennt man Winterdeiche, auch Banndeiche  
oder Hauptdeiche. Den Gegensatz bilden die Sommerdeiche,  
welche von dem Hochwasser beim Abgange des Eises überströmt  
werden, und die dahinter liegenden Niederungen nur gegen das  
Hochwasser schützen, das in der Mitte des Sommers ziemlich all-  
gemein einzutreten pflegt. Ihr Zweck ist nur, das Sommergetreide  
vor die Heuernte vor Zerstörungen zu sichern. Ihre Unterhal-  
tung ist aber, wenn sie auch nur eine mässige Höhe haben, sehr  
wierig, und man giebt ihnen allgemein eine recht flache Basi-  
sierung auf der innern Seite, um die Gewalt des überströmenden  
Wassers zu mässigen.

Im Folgenden wird beinahe ausschliesslich von den geschlos-  
senen Deichen, und zwar von Winterdeichen die Rede sein. Den-  
jenigen Landstrich, der durch einen solchen gemeinschaftlichen  
Deich gegen Ueberfluthung und Ueberströmung geschützt wird,  
nennt man einen Polder. Auch sind die Benennungen Deich-  
verband und Deichschau dafür üblich. In Holland, wo das  
Wasserwesen besonders ausgebildet ist, heisst die durch einen ge-  
meinschaftlichen Deich geschützte Fläche eine Waterschap. Unter  
Polder versteht man daselbst aber eine niedrigere Fläche, die  
niedriger, also durch Schöpfmaschinen entwässert werden muss.  
Auf dem Polder liegt in einer Waterschap ein Polder, der also durch den  
äussern Deich geschützt wird, ausserdem aber noch mit einem  
sondern niedrigen Deiche umgeben ist. Liegt der Polder aber  
sehr tief unter dem umgebenden eingedeichten Lande, was nament-  
lich der Fall ist, wenn er durch Ausheben des Torfes entstanden,  
und alsdann trocken gelegt ist, so nennt man ihn ein Meer.

Die ganze unter dem Spiegel des Hochwassers belegene Nie-  
derung heisst die Marsch, der Gegensatz derselben, oder das  
höhere wasserfreie Land die Geest. Diese Ausdrücke kommen  
besonders weniger bei Flüssen, als am Meere vor. Dasselbe gilt  
auch von den Benennungen Schlafdeich oder Rückdeich,  
unter welcher man einen in der eingedeichten Fläche liegenden Haupt-

deich versteht. Ein solcher war gemeinlich in früherer Zeit der eigentliche Deich, er wurde aber nutzlos, indem man bei Ausdehnung der Eindeichung einen andern Deich davor ausführte.

In Gegenden, die schon lange cultivirt sind, kommen nur ausgedehnte Deichanlagen an Strömen nur selten vor, weil solche aus früherer Zeit schon vorhanden sind, und gemeinlich so entgegen der Strombette vortreten, dass die Aufgabe des Baumeisters grossentheils nur darin besteht, die älteren Deiche zu reguliren und stellenweise zurückzulegen. Nicht leicht bietet sich ihm die Gelegenheit, eine neue Eindeichung zu entwerfen und auszuführen und selbst wenn solche vorkommt, so sind gewöhnlich schon vorher einzelne Strecken, wenigstens als Sommerdeiche geschult und indem die dadurch herbeigeführten Culturverhältnisse beachtet werden müssen, so sind in Betreff der ganzen Anlage Bedingungen gestellt, welche diejenige Anordnung verbieten, die als die zweckmässigste angesehen werden müsste, wenn man noch ganz freie Hand hätte. Die Rücksichten, welche man bei Regulirung alter Deiche zu nehmen hat, sind indessen nicht wesentlich von denen verschieden, die bei neuen Deichanlagen massgebend sind. Der Unterschied besteht nur darin, dass man sie nicht vollständig in Geltung bringen darf. Es erscheint daher angemessen, die Erfordernisse der Eindeichungen hier in der Weise zu untersuchen, als wenn es sich um ganz neue Anlagen handelte.

Es wird demnach die passendste Wahl der Deichlinie, die dem Deiche zu gebende Höhe, sein Profil und die Art seiner Ausführung und Befestigung zu untersuchen sein. Zu einer Eindeichung gehören aber auch die Anlagen, die zur Entwässerung des Binnenlandes dienen, also die nöthigen Gräben und die Bauwerke, welche dem Binnenwasser den Ausfluss nach dem Strom gestatten, zugleich aber das Hochwasser vom Eintritt in das niedergeleichte Land abhalten. Bei dieser Gelegenheit wird auch von der Entwässerung besonders tief gelegener Flächen die Rede sein müssen, die nur durch Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Endlich ist noch die Unterhaltung der Deiche und namentlich ihre Sicherstellung zur Zeit der Gefahr zu behandeln, wie auch diese Gefahren selbst beschrieben und die Massregeln bezeichnet werden müssen, die man ergreift, wenn der Bruch des Deiches erfolgt ist. Es erscheint nothwendig, ausser diesen Gegen-



ständen, die unbedingt zum Gebiete der Wasserbaukunst gehören, auch einige Mittheilungen über die verschiedenartige Organisation der Deichverwaltungen zu machen. Einige allgemeine Bemerkungen über Eindeichungen der Flussthäler müssen indessen vorangeschickt werden.

Schon bei Betrachtung der Veränderungen, welche in dem Thale eines sich selbst überlassenen Flusses vorgehn (§. 55 und 68), wurde darauf aufmerksam gemacht, dass fortwährend grosse Massen Material aus den oberen Gegenden gelöst und herabgetrieben werden. Diese Erscheinung stellt sich namentlich zur Zeit der Anschwellungen so augenscheinlich dar, dass sie keinem Zweifel unterliegt. Das Wasser des Flusses wird von der Masse thoniger Theilchen, die es enthält, dunkel gefärbt, und man sieht, nachdem der Fluss wieder in sein Bett zurückgetreten ist, die niedergeschlagenen Thontheilchen besonders auf höherem Grase liegen, und selbst Sand und Kies überdeckt stellenweise das Thal, wenn gerade eine heftige Strömung darüber gegangen ist. Es ist auch nicht zu bezweifeln, dass die Flussthäler auf diese Art sich nach und nach bedeutend erhöht haben. Man kann freilich nicht in Abrede stellen, dass das Material von Uferbrüchen und von Einrissen, die stellenweise vorkommen, so wie auch dasjenige, welches bei der Vertiefung des Bettes in Folge künstlicher Regulirungen sich löst, die Erhöhung des Thales im Allgemeinen wieder vermindert, aber nicht desto weniger ist die Quantität des abbrechenden Erdreichs, namentlich in bereits regulirten Strecken, geringer, als die zugeführte Masse. Die Uferbrüche und Auskolkungen hören in diesem Falle grossentheils auf; die Vertiefung des Bettes erreicht auch bald ihre Grenze, während die Niederschläge der Thontheilchen auf dem Rasen immer von Neuem eintreten und dadurch nach und nach das Thal erhöhen.

Wenn dagegen das Thal eingedeicht wird, so ist das Binnenland diesem Niederschlage entzogen, während die Uferstreifen ausserhalb der Deiche, oder die sogenannten Aussendeiche denselben dauernd ausgesetzt bleiben. In der Cultur giebt sich diese Verschiedenheit der Verhältnisse sehr deutlich zu erkennen, indem das eingedeichte Land seine frühere Fruchtbarekeit zum Theil verliert. Besonders auf Wiesen lässt der Landmann gern das trübe Wasser treten, weil der Niederschlag wie eine Düngung

wirkt. Ein andrer Unterschied zwischen dem Binnenlande und dem Aussendeiche giebt sich indessen erst im Laufe der Zeit zu erkennen, und ist viel bedenklicher. Das Binnenland behält nämlich seine ursprüngliche Höhe, senkt sich vielleicht sogar im weichen Untergrunde noch etwas, weil es nach der Umdrehung nicht mehr so feucht bleibt, als es früher war. Der Aussendeich dagegen gewinnt in Folge der Niederschläge nach und nach an Höhe. Das Fluthprofil wird also mit der Zeit kleiner, als früher war, oder das Hochwasser muss sich immer höher erheben, um die frühere Grösse der Profilfläche wieder herzustellen. Hier gesellt sich noch der Uebelstand, dass das Strombett sich nur bis zu einer gewissen Tiefe unter der Thalsohle offen erhält, daher erhebt sich auch die Sohle des Bettes in gleichem Masse wie die des Thales, und mit ihr der Wasserspiegel des Flusses zur Zeit des kleinen Wassers. So geschieht es, dass die eindeichten Ländereien nach und nach ihre natürliche Entwässerung verlieren, und diese selbst bei kleinem Sommerwasserstande endlich nicht mehr von selbst erfolgt.

Diese Erscheinungen zeigen sich überall, wo Strom- oder Flussdeiche schon seit Jahrhunderten bestehen. Die rechtsseitigen Deiche der untern Nogat erheben sich nicht hoch über die Aussendeiche, während die Forste der dahinter stehenden Häuser über der Deichkrone im Niveau liegen, und die natürliche Entwässerung hat schon lange hier aufgehört, indem die Ländereien durch Schöpfmühlen trocken gehalten werden können. Blomzeigte in einem Vortrage, den er 1818 im Niederländischen Institute hielt, dass trotz der Erhöhung und Verstärkung der Deiche am Rhein und der Waal, die jetzt weit höher liegen, als früher, dennoch die Ueberströmungen und Brüche derselben sich viel häufiger wiederholen, als in den vorhergehenden Jahrhunderten.

Diese Erfahrungen sind in der That so bedenklich, dass man die Zweckmässigkeit der Deichanlagen überhaupt in Zweifel ziehen kann. Rechteren empfahl sogar, die Deiche an den Hauptströmen der Niederlande abzutragen, und sie in niedrige Sommerdeiche zu verwandeln, indem er meinte, dieses sei das einzige

\*) *Beschouwing over de uitstrooming der Opper Rijn, Maas, Waaren etc.* Amsterdam 1819.

um die Existenz der bedrohten Niederungen zu sichern?). Die Verheerungen aber unter ungünstigen Umständen ein Deichverursachen kann, dieses hat man an dem Untergange des Holländischen Waardes vor vier Jahrhunderten bereits erfahren (2). Die Erhöhung der Ströme, und zwar eben sowohl zur der Anschwellungen, wie während des niedrigen Wasserstandes, ist indessen keineswegs die einzige Gefahr, welche den Uferlanden droht. Die heftigen Meeresströmungen, die seit der Eröffnung oder Erweiterung der Meerenge von Calais, in Folge Fluth und Ebbe an den Küsten bald in der einen, und bald in andern Richtung vorbeiziehn, gestatten keinem Anwachs Landes, zerstören vielmehr die Alluvionen, die sich früher gebildet haben. Nur mit der grössten Anstrengung gelingt einzelne Punkte zu halten. Nach zuverlässigen Beobachtungen senkt sich überdiess noch das eingedeichte Land von Jahrhundert zu Jahrhundert immer tiefer, und selbst künstlich wird Boden hier vernichtet, indem er in ungeheuern Massen als Torf verbrannt wird. Das Haarlemmer Meer, das durchschnittlich über eine deutsche Meile breit, und nahe drei Meilen lang ist, sankt nach historischen Nachrichten seine Entstehung und Ausdehnung grossentheils der Gewinnung des Torfes, der entwedergestochen, oder in grösserer Tiefe gebaggert wurde. Der IJlaas bei Delft und viele andre Moore in dem an sich schon niedrigen Lande sind in gleicher Weise entstanden. Man macht diese Flächen zwar wieder nutzbar, indem man sie auspumpt, indem man immer tiefer unter die umgebenden Wasserflächen See und der Ströme herabgeht, so wird der Zustand doch immer gefährlicher.

Rechteren's Vorschlag ist im Allgemeinen unausführbar, weil er grosse Aenderungen in den bestehenden Verhältnissen herbeiführen würde. Wenn auch die hohen Anschwellungen und die Gefahren vor Deichbrüchen dadurch beseitigt werden, so darf man nicht die Niederungen der Inundation aussetzen, weil alle Ortschaften darin in unbewohnbaren Zustand dadurch versetzt werden müssten. In andern Seemarschen hat man wohl die Gebäude

(\*) *Verhandelingen over den Staat van den Rijn, de Waal etc. wegen 1830.*



auf künstliche Erdhügel gestellt, und dadurch die Ueberfluthungen weniger nachtheilig, vielleicht sogar nutzbar gemacht. In den Niederlanden musste diese Vorsicht unterbleiben, weil das Land an sich so tief lag, dass man keine Erde zu diesem Zweck verwenden konnte. Das Leben der Menschen und des Viehes war daher hier in hohem Grade gefährdet, wenn man die Winterdeiche beseitigen wollte. Es bleibt nur übrig, den gegenwärtigen Zustand, so weit es geschehn kann, zu sichern, und vielleicht auch und nach, falls eine Gelegenheit sich bietet, die Verbesserung desselben einzuleiten. Jedenfalls sind aber zu dieser Sicherung die Mittel der Kunst noch nicht erschöpft, und namentlich könnte diesen Stromdeichen ein wesentlicher Schutz noch geschafft werden, wenn endlich eine durchgreifende Stromregulirung vorgenommen würde. An dem ungetheilten Rhein innerhalb des Niederländischen Gebietes und an der Waal, so wie am Leck ist in dieser Beziehung bisher beinahe noch nichts geschehn, und doch gibt es zur Vermeidung von Rissstüpfungen und zur Abführung des Hochwassers kein wirksameres Mittel, als die Darstellung eines regelmässigen und tiefen Strombettes.

Auch bei andern gefährlichen Eindeichungen findet nahe dasselbe statt, und man darf sonach nicht sagen, dass die Gefahr irgend wo bereits so gross geworden sei, dass man ihr nicht mehr begegnen kann. Wenn es aber auch nicht in Abrede zu stellen ist, dass in ferner Zukunft die Verhältnisse noch bedenklicher werden müssen, als sie jetzt sind, so ist dagegen auch voranzusetzen, dass Wissenschaft und Technik fortschreiten, und wenn die Noth grösser wird, wahrscheinlich Hilfsmittel geboten sind, an welche man jetzt noch nicht denkt. Es liegt überdies in der menschlichen Natur, ein fernes Uebel, wenn es auch ganz sicher sein sollte, nicht zu beachten, und kein Einzelner und keine Gemeinde wird von einer Eindeichung deshalb abstehen, weil dieselbe vielleicht nach einem halben oder ganzen Jahrtausende den Untergang des Ortes herbeiführen muss. Für weiter aufwärts gelegene Stromtheile sind überdiess diese Gefahren von viel geringerer Bedeutung, als in der Nähe der See, und die Mittel, ihnen zu begegnen, sind viel leichter. Wenn daher die nachtheiligen Erfolge, welche Eindeichungen im Laufe der Zeit herbeiführen, auch allgemein anerkannt sein sollten, so werden doch die



bestehenden Deiche gehalten, und selbst neue Deiche angelegt werden.

Bei Aufstellung des Entwurfes zu einer Deichanlage verdienen die ökonomischen Rücksichten ohne Zweifel vorzugsweise Beachtung. Niemand wird zu einer Anlage sich entschliessen, deren Nutzen nicht die darauf verwendeten Kosten übertrifft. Man wird daher unter Voraussetzung einer gewissen Linie die Kosten der Anlage und Unterhaltung des Deiches ermitteln, und hiermit die Zunahme des Ertrages der dahinter liegenden Flächen vergleichen. Es ist sonach der Ertrag zu untersuchen, den diese Flächen geben, wenn sie als Vorland benutzt werden, das den Ueberfluthungen und Ueberströmungen ausgesetzt ist, und demnächst der Ertrag, den sie versprechen, wenn im Schutze der Deiche eine andre Culturart eingeführt werden kann, oder diese, wenn sie schon früher bestand, nicht mehr den Beschädigungen und Verwüstungen beim Uebertritt des Hochwassers ausgesetzt ist. Sonstige Umstände, die hierbei in Betracht kommen, sind dabei gleichfalls in Anschlag zu bringen. Man kennt indessen die passendste Deichlinie noch nicht, vielmehr ist die Wahl derselben durch die eben angeführten Umstände bedingt. Wenn man letztere allein berücksichtigen wollte, so würde die Aufgabe sich gemeinbin in der Art stellen, dass eine Linie zu suchen wäre, die vergleichungsweise zum Flächeninhalte des von ihr eingeschlossenen Terrains ein Minimum wäre. Diese Aufgabe lässt sich aber, nachdem man die nöthigen Abmessungen gemacht hat, nach bekannten Methoden auflösen. Dasselbe ist auch der Fall, wenn andre Bedingungen erfüllt werden sollen, wenn also vielleicht gefordert wird, dass das Verhältniss des Deiches nicht zur ganzen eingedeichten Fläche, sondern nur zu einem Theile derselben ein Minimum, oder aber, wie auch häufig gefordert wird, der Ueberschuss des Capitaes, welches der Vergrösserung des jährlichen Ertrages entspricht, über das Capital der Anlage und Unterhaltungskosten des Deiches, ein Maximum werde.

Die auf solche Art gefundenen Resultate sind indessen in vielen Fällen ganz anbrauchbar, indem andre Rücksichten ihre Einführung verbieten. Hierzu gehört vorzugsweise die nothwendige Beachtung der Vorfluths- und der sonstigen Stromverhältnisse. Die gewöhnliche Regulirung eines Stromes beschränkt

sich beinahe ausschliesslich auf das eigentliche Strombett, auf den Schlauch, in welchem das kleine und das Mittlere fliesst. Dieselben Regeln, die man hierbei befolgt, haben auch ihre Anwendung, wenn man das Hochwasser gefahrlos so abführen will, dass keine Zerstörungen an den Ufern eintreten und keine starken Verflachungen in seinem Bette eintreten. Man hat freilich wohl nicht leicht daran gedacht, die wasserfreien Ufer eines Stromes so umzubilden, dass sie in gleicher Weise, wie ein künstliches Ufer für das kleine Wasser, mit einander in Verbindung stehen, und gegenseitig im angemessenen Wasserstande stehen; dass also das Profil des Hochwassers eine gleichmässige und passende Breite hat, und von regelmässigen, nicht zu sehr gekrümmten Ufern eingeschlossen ist. Wenn es sich aber um die Anlage eines neuen Deiches handelt, der nichts anderes, als ein künstliches Ufer für das Hochwasser ist, so wird die Gelegenheit geboten, eine Regulirung dieser Art auszuführen, und gerade dadurch, dass man die hierbei sich herausstellenden Bedingungen erfüllt, gewährt man dem neuen Deiche den sichersten Schutz und setzt am wenigsten die oberhalb gelegenen Ländereien der Gefahr einer höheren Ueberschwemmung aus. Bei älteren Durchlässen ist freilich wohl nie eine solche Rücksicht bracht, und es ist sehr schwierig, bei Regulirung der Deiche dieser Bedingung Geltung zu verschaffen. Nichts desto weniger wird man sich doch immer bemühen müssen, soweit es geschehn kann, die Anforderungen, welche sie fordert, einzuführen.

Die Durchlässe, welche in dieser Beziehung am passendsten sind, findet man in folgender Weise. Man muss so genau, als es geschehn kann, die grösste Wassermenge ermitteln, welche der Strom zuweilen abführt. Das Gefälle zur Zeit des Hochwassers ist in der Regel durch die Wasserstands-Beobachtungen gegeben; es ist auch im Allgemeinen dasselbe, wie bei kleinen Wasser, nur gleicht es sich mehr aus, indem die Abwechslungen zwischen starkem und schwachem Gefälle sich verringern, oder ganz verschwinden. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser anzuheben darf, ergibt sich aus den bisherigen Anschwellungen und dem nächst oberhalb liegenden Stromthale, und diese Höhe, verglichen mit der des Stromthales und des Flussbettes, giebt die mittlere Tiefe. Es bleibt daher, indem man die Wassermenge

Gefälle, und die mittlere Tiefe des neuen Profils kennt, nur die Breite des letzteren zu finden, welche mit dem Abstände der beiderseitigen Deiche, oder mit dem Abstände eines Deiches vom gegenüberliegenden wasserfreien Ufer übereinstimmt. Es darf kaum der Erwähnung, dass man bei Ermittlung der Höhe des Wasserspiegels auf das Gefälle Rücksicht nehmen muss, das zwischen der einzudeichenden Strecke und dem Punkte, wo das Wasser gemessen ist, stattfindet. Ausserdem besteht offenbar eine innige Beziehung zwischen der Breite und der mittleren Tiefe. Die letzte ist von der ersten abhängig, man kann daher diese nicht als bekannt voraussetzen, während jene noch unbekannt ist. Sie lässt sich indessen leicht als Function von dieser ausdrücken, und man erhält alsdann nach der oben (§. 65) angegebenen Formel eine Gleichung, worin die Breite oder  $b$  die einzige unbekannte Grösse ist.

Man muss indessen diese Untersuchung auch auf die Geschwindigkeit ausdehnen, und sich davon überzeugen, dass diese nicht zu gross wird. Einer Geschwindigkeit von etwa 6 Fuss wirstechn wohl einige Zeit hindurch die Deiche, wenn sie keine günstige Lage haben, aber es erscheint kaum räthlich, sie noch besser werden zu lassen. Ausserdem ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass in Krümmungen die stärkste Strömung sich vor dem concaven Ufer zu bilden pflegt, woher die mittlere Geschwindigkeit hier geringer sein, oder das Profil erweitert werden muss.

Wenn auf diese Weise die Weite des Fluthprofils ermittelt ist, so ergibt sich daraus schon die zu wählende Deichlinie, bald andre Deiche oder wasserfreie Ufer gegenüber liegen, meistens ersieht man, wo die äusserste Grenze hinfällt, über welche hinaus die Deiche nicht gelegt werden dürfen. Falls dagegen beide Ufer in grosser Breite der Inundation ausgesetzt sind, so wird es am angemessensten sein, in geraden Stromstrecken die beiderseitigen Deiche in gleichen Abstand von dem Bette zu legen, in Krümmungen aber den Deich am convexen Ufer zurückzuziehen, und den am concaven Ufer befindlichen etwas weiter vortreten zu lassen. In scharfen Krümmungen muss indessen, wie bereits erwähnt, der Abstand zwischen den Deichen vergrössert werden, und namentlich ist dahin zu sehn, dass die Deiche nicht zu weit die niedrigen Halbinseln hineintreten, um welche das Strombette



sich in scharfer Serpentine herumzieht. Dergleichen Bahnen mit den Deichen gar nicht zu berühren, und den Strom des Hochwassers ganz frei darüber sich ergiessen zu lassen, ist darum nicht räthlich, denn wenn man von den bereits erwähnten Bewüstungen, die dabei eintreten, auch ganz absehen wollte, so würde doch der Uebelstand herbeigeführt, dass das Hochwasser die Richtung des Strombettes ganz verliesse, und letzteres dadurch starken Versandungen ausgesetzt würde.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Aussendeiche, wenn sie nicht überflüssige Breite haben, mit keinen Anlagen versehen werden dürfen, welche mittelbar oder unmittelbar eine Beschränkung des Fluthprofils bewirken. Besonders gilt dieses von den Anpflanzungen der Bäume und Sträucher. Gebüsche oder niedrige Sträucher bewirken, wie bereits wiederholtlich erwähnt worden, eine starke Verzögerung des hindurchströmenden Wassers, und veranlassen dadurch das feinere und gröbere Material am und daneben zu Boden zu sinken, woher ein starkes Aufwachen des Grundes und sonach eine Verkleinerung des Profils erfolgt. Bei hochstämmigen Bäumen, die unten keine Zweige haben, tritt dieses nicht statt, dagegen geben sie, besonders wenn sie gruppenweise stehen, Veranlassung, dass das Eis sich davor setzt und auf einander schiebt, also gleichfalls eine theilweise Sperrung des Profils eintritt. Nicht selten pflegen die Grundbesitzer, besonders vor den convexen Deichen, also auf Landzungen, um welche Serpentinien sich gebildet haben, Bäume anzupflanzen. Dieselben gedeihen hier auch insofern, als sie weniger vom Strome getroffen werden, sie sind aber ganz besonders schädlich, und den gegenüberliegenden Deichen vorzugsweise nachtheilig, weil das Eis sich leicht dagegen stellt, und alsdann der Strom um so heftiger auf der andern Seite gedrängt wird. Im Allgemeinen gewähren Strauch- und Baumpflanzungen vor dem Fusse eines Deiches demselben einen sehr kräftigen Schutz; will man diesen aber eintreten lassen, so ist es nothwendig, den Deich schon so weit zurückzulegen, dass die Pflanzungen ausserhalb der erforderlichen Profilweite bleiben.

Bei ältern Deichen wiederholt es sich sehr häufig, dass dieselben nicht im Zusammenhange stehen, vielmehr einzelne Gewässer ihre Ländereien mit Deichen rings umschlossen haben. Diese Polder sind von einander getrennt durch schmalere oder breitere



den uneingedeichten Landes, welche zur Zeit des Hochwassers nur inundirt werden, sondern worin sich sogar starke Ströme bilden. Bei Regulirung der Deichverhältnisse pflegen verschiedene Ansichten über die Nothwendigkeit solcher Fluthrinnen ausgesprochen zu werden. Es ist ohne Zweifel vortheilhafter, wenn man sie entbehren kann, denn dieselben Theile, welche Spaltungen im eigentlichen Strombette haben, treten auch ein, sobald das Hochwasser in zwei oder noch mehr Arme sich zerlegt. Die Eigenthümer solcher Fluthrinnen sind jedoch jederseits sehr geneigt, dieselben zu schliessen, dagegen gegen die Gemeinden, welche sich bereits eingedeicht haben, der Wasserstand alsdann im eigentlichen Strome sich höher zu heben, auch die Strömung sich verstärken möchte, und dadurch bestehenden Deiche gefährdet werden könnten.

Man kann es nicht in Abrede stellen, dass durch die Schliessung eines Nebenarmes der Hauptarm verstärkt wird, dagegen hat dieser häufig in hohem Grade an Regelmässigkeit, wenn Seitenströmungen aufhören, und in vielen Fällen ist die Wirksamkeit der letztern so geringfügig, auch versetzen sie sich oft schnell mit Eis, dass sie in der Wirklichkeit wenig zur Entlastung des eigentlichen Stromes beitragen. Von viel grösserer Nützlichkeit sind sie dagegen, wenn sie Serpentinaen abschneiden, in der Strom des Hochwassers, der sich durch sie ergiesst, ein stärkeres relatives Gefälle hat, als der Hauptstrom. Solche ist auch der Fall, wenn sie in andere Ströme oder weite Thäler münden. Man nennt sie alsdann Ueberlässe. Ist solche wird die Nogat oberhalb der sehr starken Deichengen dem Frischen Haffe entlastet; ebenso der Rhein dicht unter der Preussischen Grenze durch den sogenannten alten Rhein in der Yssel. Auch ergiesst sich die Maas in ähnlicher Weise in dem Biesbosche.

Um zu entscheiden, ob Fluthrinnen, und besonders ob Ueberlässe nothwendig sind, muss man das Fluthprofil des eigentlichen Stromes in der oben angedeuteten Art untersuchen, und wenn es findet, dass dieses zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so ist es jedenfalls vortheilhafter, es durch Zurücklegung von Deichen gehörig zu verbreitern, als Spaltungen beizubehalten. Untersuchungen der Fluthprofile müssen aber die etwa darin

vorkommenden Unregelmässigkeiten gehörig beachtet werden, besonders in den Fällen, wovon hier die Rede ist, stellen diese Unregelmässigkeiten häufig sehr gross heraus. Man findet nämlich in scharf gekrümmten und stellenweise sehr verengten Strombetten zuweilen sehr bedeutende Tiefen, und wenn man nach diesen die Grösse des Profiles berechnet, so scheint es, dass eine geringe Breite desselben zur Abführung des Wassers genügt. Es ist indessen kaum anzunehmen, dass solche isolirte tiefe häufig regelmässig durchströmt werden, vielmehr bilden sich darin wahrscheinlich nur wirbelnde Bewegungen. Es ist daher angemessen, dieselben bei Bestimmung der mittleren Tiefe des Strombettes ganz unbeachtet zu lassen, und diese nur aus denjenigen Profilen herzuleiten, worin solche übermässige Vertiefungen nicht vorkommen. Ausserdem muss man auch auf die Widerströme aufmerksam sein, und namentlich beobachten, ob sie auch zur Zeit des Hochwassers eintreten. Es leuchtet ein, dass, wenn dieser Fall sein sollte, keineswegs das ganze Profil als Abflussprofil angesehen werden darf.

Ueberzeugt man sich durch eine solche Untersuchung, dass das Fluthprofil des eigentlichen Stromes zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so muss entweder die Fluthrinne beibehalten oder ersteres erweitert werden. Die Erweiterung verbietet sich aber häufig, indem entweder das wasserfreie oder doch sehr hohe Terrain auf beiden Seiten weit vortritt, oder wenn Deiche das Profil begrenzen, so sind zuweilen auch einzelne Gehöfte und ganze Ortschaften so nahe dahinter gestellt, dass eine Zurücklegung der Deiche unansführbar ist.

An manchen Strömen hat man gewisse Grenzen für die äusserste, noch zulässige Beschränkung des Fluthprofiles angenommen. Dadurch werden allerdings die Untersuchungen ausserordentlich vereinfacht und manche Missgriffe vermieden. Es ist aber nicht zu verkennen, dass die erforderliche Profilhöhe, wenn die Wassermenge auch dieselbe bleibt, nicht constant ist, sondern theils vom Gefälle, und theils von der Höhenlage des Thalgrundes abhängt. Der Einfluss des letzteren Umstandes pflegt besonders von grosser Bedeutung zu sein, und darf daher nicht füglich ganz unbeachtet bleiben.

Neben diesen allgemeinen Rücksichten, welche bei der Wahl der Linien maassgebend sind, haben auch noch die lokalen Verhältnisse, nämlich die Beschaffenheit und Höhenlage des Landes, die Benutzungsart desselben, die Lage und Gestalt des Flusses und andere Umstände einen wesentlichen Einfluss. Wo Felder, Gärten und andre Anlagen sind, wird man möglichst innert des Deiches zu bringen suchen. Insofern die Kosten der Anlage sich mit der Höhe des Terrains vermindern, wird man, wenn es geschehn kann, den Deich auf höhere Stellen verlegen. Wichtig ist es, sumpfige Stellen zu umgehen, weil der Deich dort theils eine unsichere Lage hat, also Durchquellungen eintreten, er auch wohl bei starkem Wasserdrucke ganz gehoben werden kann. Der gewöhnliche Fall ist es aber, dass weiche Untergrund unter dem Gewichte eines schweren Deiches nachgibt, oder die zuerst aufgebrachten Erdschüttungen sinken. Man kann auf diese Weise für die gehörige Sicherheit des Deiches sorgen, aber die Masse desselben und mit ihr auch die Kosten der Anlage vergrössern sich um so mehr, als bei Anlagen gemeinhin die Beschaffung der Erde sehr schwierig ist. Die Unterhaltung eines Deiches wird ausserordentlich erschwert, wenn derselbe kein hohes und breites Vorland vor sich hat und vielleicht unmittelbar neben dem Flussbette liegt. Man kann alsdann einen Schaardeich oder Gefahrdeich anlegen, die Strömung als der Wellenschlag werden weit heftiger, der Wasserstand höher ist, und letzterer wird vor einem solchen Deiche um die Tiefe des Strombettes unter der Thalsohle vertheilt. Dieser Uebelstand vermehrt sich noch, wenn, wie öfters, ein solcher Deich zugleich das concave Ufer bildet, dann auch in Folge der Stromkrümmung das Wasser und der Wellenschlag getrieben wird. Der Wellenschlag ist aber an solchen Stellen besonders gefährlich, die den heftigsten Stürmen aus der Wasserseite ausgesetzt sind, und zugleich eine grosse Gefahr für sich haben.

Man muss demnach bei Anlage neuer Deiche dieselben in einer bestimmten Entfernung von dem Strombette halten, aber es ist auch wichtig, durch Uferdeckungen dafür zu sorgen, dass der Strom nicht einbricht und dadurch Gefahren herbeiführt, die uralt schon nicht bestanden. Dieses ist sehr oft geschehn, und

die Deiche sind dadurch nicht selten so starken Angriffen ausgesetzt worden, dass man sie nicht halten konnte, und nöthigenfalls sah, sie weiter landwärts zurückzulegen.

Endlich pflegt man noch für die Wahl der Deichlinie die Regel aufzustellen, dass der Deich nie eine Lage erhalten darf, in welcher er direct vom Strome getroffen wird. Dieses besagt indessen nichts andres, als dass keine scharf eingespringenen Buchten oder vortretende Ecken in der Deichlinie vorkommen dürfen, wovon schon oben die Rede war.

Was die Höhe der Deiche betrifft, so geht man allgemein von dem Grundsatz aus, dieselbe nur nach den Anschwellungen des Stromes bei offenem Wasser zu bemessen. Sobald Übersetzungen eintreten, so können diese unter ungünstigen Umständen einen Stau veranlassen, der jede Grenze übersteigt. Es wurden daher die Kosten der Deichanlagen sich übermässig steigern, wenn man eine Höhe wählen wollte, welche selbst bei Eisstopfungen ein Uebertreten des Wassers verhinderte, und eine vollkommene Sicherheit wäre in dieser Beziehung doch nie zu erreichen. Den Deich an dem einen Ufer lässt sich freilich gegen solche Gefahr sichern, wenn man ihn etwas höher hält, als den gegenüber liegenden. Allein ein Weitstreit dieser Art, der augenscheinlich die eigene Sicherheit nur auf die Vergrösserung der Gefahr für den Nachbar begründet, sollte gesetzlich verboten sein. Genöthigt geschieht es auch, dass die gegenüberliegende Gemeinde sich gleichfalls zur Erhöhung ihres Deiches veranlasst sieht, und dadurch der Nutzen der ersten Erhöhung grossentheils aufgehoben wird.

Das Mittel, welches man anwendet, um das Uebertreten des Hochwassers zur Zeit einer Eisstopfung zu verhindern, ist die temporäre Erhöhung des Deiches an solchen Stellen, wo er am meisten gefährdet ist, oder das Aufkahlen. Hiervon wird später bei Gelegenheit der Unterhaltung der Deiche die Rede sein. Ausserdem ist es aber noch üblich, den Deichen gleich bei ihrer Erbauung an den Stellen, wo ein Ueberströmen und Durchbrechen besonders gefährlich sein würde, eine grössere Höhe zu geben. Dieses geschieht namentlich, wenn Dörfer oder Städte unmittelbar dahinter liegen.

Die Deichhöhe bestimmt man gewöhnlich in der Art, dass das bekannte höchste offene Wasser noch 1 Fuss unter der Krone



Bei neuen Deichanlagen ist es schwierig, diese Höhe genau zu ermitteln, da die Beengung des Fluthprofils eine, wenn auch nur geringe Erhebung des Wasserstandes zur Folge hat. Die Höhe ist aber ausserdem auch nicht constant, insofern die Höhe, in Folge der zunehmenden Bodencultur in ihrem Gebiete, das Wasser, welches als atmosphärischer Niederschlag herabfällt, rascher aufnehmen, und daher die Wassermasse, welche zur Zeit der höchsten Anschwellungen abführen, immer grösser wird. Es muss daher die Bestimmung der Deichhöhe von Zeit zu Zeit verändert werden, wie dieses auch allgemein geschieht.

Was im Uebrigen das dem Deiche zu gebende Profil betrifft, so erhält der Rücken des Deiches, die Krone oder die Spitze genannt, welcher in der bereits angegebenen Höhe liegt, die passendsten eine solche Breite, dass man bequem darauf fahren kann. Dieses ist namentlich für seine Unterhaltung und Sicherung zur Zeit der Gefahr von besonderer Wichtigkeit, da die Wege im Innern der Niederung alsdann gewöhnlich stark durchfluthet und nur mit Mühe zu passiren sind. Ausserdem gewährt die grosse Kronenbreite dem Deiche auch eine wesentliche Verstärkung. Man macht daher die Krone 10 bis 12 Fuss breit, wenn es an Erde gebricht, oder dieselbe nur mit übermässigen Kosten aus weiter Entfernung beigebracht werden kann, muss man sich allerdings mit einer geringeren Breite begnügen, und dieselbe wird alsdann bis auf 6 Fuss beschränkt. Man verstärkt aber weiterhin den Deich noch dadurch, dass man auf seiner innern Seite der Landseite ein Banket anbringt, wie Fig. 362 zeigt. Man findet in dieser Anordnung sogar den Vortheil, dass man bei hohen Anschwellungen, während Eisschollen auf den Deich gehoben werden, oder die Wellen hinaufschlagen, auf solchem Bankete bequemer, als auf der Deichkrone die Materialien zur Sicherung des Deiches anfahren kann. Dieser Vorzug wird indessen durch andre Nachtheile aufgehoben. Das tiefer liegende Banket kann die Gefahren einer schwachen Ueberströmung nicht so dem Maasse schwächen, als eine breitere Krone. Die schmale Krone gestattet überdiess nicht eine kräftige und hohe Aufkaffung, und legt man das Banket nicht gar zu tief an, so ist die zu erforderliche Erdmasse grösser, oder der Deich wird theurer, wenn man ihn mit einer gehörig breiten Krone versehen hätte.

Die Krone legt man meist nicht horizontal, sondern man röhrt ihr entweder, wie einer Strasse, eine schwache Wölbung, lässt sie also nach beiden Seiten abfallen, oder man erhöht sie auf der innern Seite, damit das Wasser nach dem Strome abflüsse. Diese letzte Anordnung empfiehlt sich, insofern dadurch der höchste Rücken am meisten geschützt ist, auch von dem aufschiebenden Eise am wenigsten getroffen wird.

Die Krone wird in vielen Fällen in gleicher Art, wie bei beiderseitigen Dossirungen behandelt, also mit Rasen bedeckt. Wenn aber eine starke Passage auf dem Deiche stattfindet, so muss man sie wenigstens durch aufgeschütteten Sand befestigen.

In Betreff der Dossirungen bemerkt man bei den Deichen sehr grosse Verschiedenheiten. Zum Theil rühren diese davon her, dass sowohl die Lage des Deiches, als auch das Material, woraus er besteht, bald eine grössere, bald eine mindere Vorsicht bedingt. Ausserdem aber hat man sich häufig auch zur Wahl sehr steiler Dossirungen entschliessen müssen, weil die disponiblen Geldmittel zur Darstellung flacher Böschungen nicht ausreichten. Bei der gewöhnlichen Unterhaltung der Deiche, wobei vorzugsweise die Erde in den obern Theilen aufgebracht wird, werden die Böschungen nach und nach steiler, als sie ursprünglich waren. Um so nöthiger ist es, die Deiche bei der ersten Anlage in recht starken Profilen darzustellen. Das Deichreglement für das Herzogthum Cleve von 1767 \*) schreibt vor, dass bei guter Erde die äussere Dossirung eine vierfache, die innere dagegen eine dreifache Anlage haben solle, wenn aber sandige Erde genommen werden müsse, so solle die Anlage der äussern Dossirung wenigstens fünf- bis sechsfach sein. Im Allgemeinen begnügt man sich mit bedeutend schwächeren Dossirungen, und man hält Deiche schon für hinreichend gesichert, wenn die äussere Böschung eine dreifache und die innere eine zweifache Anlage hat. Dieses dürfte indessen als die äusserste Grenze anzusehn sein, unter welcher man selbst bei günstigen Verhältnissen nicht bleiben darf. Es giebt freilich eine grosse Anzahl älterer Deiche, die viel steiler

\*) Dieses Reglement zeichnet sich vor allen ähnlichen durch seine Vollständigkeit und Zweckmässigkeit sehr vorthellhaft aus, wiewohl allerdings die Forderungen darin zum Theil sehr hoch gestellt sind.

und, aber die vielfachen und stets wiederkehrenden Beschädigungen, wie die grossen Gefahren, denen sie ausgesetzt sind, lassen keinen Zweifel, dass ihre Anordnung unzweckmässig ist und keine ausreichende Sicherheit bietet.

Die beiderseitigen Dossirungen der Deiche sind nicht nur, wie bei andern Anschüttungen, nothwendig, um die obere Erde weilen am Herabfallen durch ihr eignes Gewicht zu verhindern, und um die Bildung eines festen Rasens darauf möglich zu machen, sondern sie sollen auch eine Quellenbildung in der Nähe des Fusses, wo der Wasserdruck dieselbe am meisten begünstigen würde, erschweren. Ausserdem ist die äussere, oder die dem Strome zugekehrte Dossirung den Angriffen des Stromes, des Eises und besonders des Wellenschlages ausgesetzt, wobei leicht Beschädigungen der Decke und des Erdkörpers entstehen. Es leuchtet aber ein, dass in solchem Falle die gelöste Erde oder die Rasendecke, die dadurch ihre Unterstützung verloren hat, um so leichter herabstürzt, also auch der Bruch sich schneller ausdehnt, je steiler die Böschung ist. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, eine recht flache Dossirung für die äussere Seite zu wählen.

Insofern die Strömung mit der zunehmenden Höhe des Wasserstandes sich verstärkt, daher bei höheren Anschwellungen das Eis mit grösserer Geschwindigkeit vorbeitreibt, auch der Wellenschlag alsdann am heftigsten wird, und die Beschädigungen in beiden Fällen vorzugsweise in der Nähe des jedesmaligen Wasserspiegels eintreten, so dürfte man vermuthen, dass es zweckmässig sei, die äussere Dossirung eines Deiches nicht in der ganzen Höhe gleichmässig zu machen, vielmehr sie in der Nähe der Krone abzuflachen. Dieser Vorschlag ist in der That von Woltman einst gemacht, jedoch später wieder zurückgenommen worden, und letzteres mit vollem Rechte, denn wenn auch während der Zeit der höchsten Anschwellungen die Beschädigungen in der Höhe des Wasserspiegels am grössten sind, so ist die Dauer einer solchen Gefahr doch nur auf kurze Zeit beschränkt, während der Fuss des Deiches lange Zeit, oft mehrere Wochen hindurch unter Wasser bleibt und keine Untersuchung, viel weniger eine Reparatur gestattet. Es rechtfertigt sich daher gewiss, ihn so zu verstärken, dass baldige Beschädigungen daran nicht zu besorgen sind. Ausserdem zeigt die Erfahrung auch vielfach, dass die untern Theile



einer flachen Dossirung leiden, also keine überflüssige Stütze haben. Man bemerkt auch nicht selten bei fallendem Wasser, dass selbst eine flache Böschung des Deiches, wie das Ufer des Strombettes, steil abgebrochen ist.

Die innern, oder die landwärts gekehrten Dossirungen sind ähnlichen Zerstörungen nicht ausgesetzt, aber nichts desto weniger verstärken auch sie den Deich, und erleichtern seine Vertheidigung, wenn sie recht flach sind. Sobald das Wasser aber die Deichkrone übersteigt, so stürzt es über die innere Böschung mit um so grösserer Heftigkeit, je steiler dieselbe ist, und veranlasst durch Aufreissen des Grundes um so schneller einen Durchbruch des Deiches. Solche Deiche oder Deichstrecken, die man regelmässig oder in ausserordentlichen Fällen einer Ueberströmung aussetzen will, müssen daher mit einer sehr flachen innern Böschung versehen sein. Die Sommerdeiche erhalten deshalb gewöhnlich, wenn sie aus guter zäher Erde bestehen, eine sechsfache Anlage.

Zu den Deichkörpern gehören noch die Anfahrten, die jedesmal besonders angeschüttet werden müssen, nicht aber durch Einschnitten in den Deich dargestellt werden dürfen. Man legt sie entweder normal gegen die Richtung des Deiches an, wodurch unterbrechen sie aber den längs dem Fusse des Deiches führenden Weg, und geben Veranlassung, dass derselbe herumgeführt werden muss, während die scharfen Biegungen am obern und untern Ende der Anfahrt sehr unbequem zu passiren sind. Die nach dem Aussendeiche führende Anfahrt bildet aber bei solcher Richtung nichts andres, als eine senkrechte Bahne, die theils selbst einem starken Angriffe ausgesetzt ist, theils aber auch durch die Wirbel, die sie erzeugt, den stromabwärts anschliessenden Theil des Deiches gefährdet. Weit vortheilhafter ist es daher, die Anfahrt zur Seite des Deiches durch angeschüttete Rampen zu bilden, die am Fusse des Deiches beginnen und zur Seite der Dossirung bis zur Krone ansteigen. An der Stelle, wo sie die Krone erreichen, bilden sie eine Verbreitung derselben, und es ist angemessen, sie dahinter wieder abfallen und eine entgegengesetzte Rampe bilden zu lassen, damit das Fahrwerk, welches von der einen oder der andern Seite kommt, ohne eine scharfe Wendung machen zu dürfen, auf die Deichkrone gelangen kann.



Auf der innern Seite des Deiches zieht sich gewöhnlich ein Graben hin, der landwärts durch einen Graben begrenzt wird. In den Fällen ist dieser Graben nicht allein zur Abführung des Wassers vom Wege angelegt, vielmehr ist er entstanden, indem man hier einen Theil der zum Deichbau erforderlichen Erde entnommen. In solchem Falle pflegt er sehr breit und tief zu sein, und befördert alsdann in hohem Grade das Durchquellen des Wassers durch den Deich und gefährdet daher den Letzteren. Auf der Stromseite muss sich der Deich an ein gut benarbetes und festes Vorland anschliessen, Gräben oder Erdgruben sind in der Nähe aber ganz unstatthalt, weil sie leicht die Strömung unmittelbar neben dem Deiche verstärken, und letzteren in einen Ueberfluthungsdeich verwandeln könnten. Schon bei ganz ebenem Terrain pflegt die Strömung unmittelbar neben den Deichen sich etwas zu verstärken, und daselbst leicht eine tiefere Rinne zu bilden, man muss, sobald dieses geschehn ist, dieselbe vielfach coupiren, und jedenfalls Alles unterlassen, was ihre Bildung befördern könnte.

Bei Ausführung der Deiche sind dieselben Regeln zu beachten, die bereits bei Gelegenheit der Kanaldämme (§. 124) angegeben und erörtert wurden. Man muss die Deiche aus reiner Erde aufschütten, Rasen, Wurzeln, Sträucher, Torfstücke und dergl. dürfen darin nicht vorkommen, weil sie die innige Verbindung der Masse verhindern und leicht zur Bildung von Hohlstellen Veranlassung geben können. Aus demselben Grunde darf die Erdschüttung auch nicht auf dem Rasen liegen, vielmehr muss dieselbe vorher sorgfältig abgestochen, auch wohl der Boden darunter aufgelockert werden, damit letzterer sich inniger mit dem Deichkörper verbindet. Wenn aber Bäume in der Achselinie stehen, so müssen diese nicht nur entfernt werden, sondern man muss aus dem angegebenen Grunde auch ihre Wurzeln vollständig beseitigen.

Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die entweder horizontal, oder nach der Binnenseite schwach ansteigend aufgeschüttet und in etwas feuchtem Zustande fest gestampft werden. Wenn man aber die Erde in Karren anfährt, die mit Pferden bespannt sind, so kann man das Stampfen entbehren, indem die Pferde und die Wagen schon den Boden befestigen, doch muss für gesorgt werden, dass ein solches Durcharbeiten alle Theile

der Aufschüttung gleichmässig trifft. Findet man eine gute Lage in hinreichender Masse in der Nähe, so wird der ganze Deich daraus gebildet, wenn dieses aber nicht der Fall ist, so muss wenigstens die äussere Dossirung mehrere Fuss hoch aus Lehm bestehen. In Betreff der Aufstellung der Chablonen und der Ueberhöhung des Deiches, um das Setzen oder Sacken anzuschärfen zu machen, gilt dasselbe, was bereits oben angeführt ist. Die pflügen Deiche setzen sich stärker zu setzen, als Kanaldämme. Eben ist auch die Bessaumung mit Gras der Bedeckung mit Rasen vorzuziehen, und die erwähnten Vorsichtsmaassregeln zur vorläufigen Sicherung des Deiches im ersten Falle, oder zur Bewirkung eines festen Schlusses der Rasen finden auch hier ihre Anwendung.

Die Stromdeiche sind von den Kanaldämmen in sofern verschieden, als sie nicht nur den Druck des davor stehenden Wassers auszuhalten haben, sondern dieses mit Heftigkeit vorbeistreichende Wasserschellen mit sich reiss, welche häufig gegen die Deiche stossen, auch der Wellenschlag wegen der grössern Tiefe und der grössern Ausdehnung der davorstehenden Wasseroberfläche viel verheerendere Wirkungen äussert. Sie müssen daher eine grössere Widerstandsfähigkeit besitzen, und man versieht sie aus diesem Grunde, wie bereits erwähnt, mit flacheren äusseren Dossirungen. Hierzu kommt aber noch, dass die Stromdeiche keine wegs, wie Kanaldämme, dauernd denselben Wasserstand vor sich haben. Sie bleiben vielmehr meist den ganzen Sommer hindurch vollständig trocken, und selbst im Herbste und im Anfange des Winters, bis der Frost eintritt, wird ihr Fuss häufig gar nicht vom Wasser berührt. Wegen ihrer freien Lage trocknen sie dann sehr stark aus, und bleiben in diesem Zustande, bis plötzlich beim Aufbrechen des Eises der Strom anschwillt und vielleicht bis nahe an ihre Krone erhebt.

Die Benutzung einer reinen Thonerde, obwohl dieselbe ohne Zweifel die grösste Zähigkeit besitzt, und dem Strome und Wellenschläge am sichersten widersteht, ist dennoch für Deiche in sofern bedenklich, als sie beim Trocknen zu stark reiss, und dadurch leicht gefährliche Quellungen veranlassen kann. Eine Erde, die etwas Sand beigewengt ist, wird daher ziemlich allgemein als vorzüglicher erachtet, und häufig findet man solche in den Flussthalern. Sie ist am brauchbarsten, wenn sie aus demjenigen Ge-

Besteht, welches man zur Fabrikation guter Ziegel benutzt. Der Niederschlag, der sich auf den Aussendeichen des Unterrheins und der Waal absetzt, hat gemeinlich diese Beschaffenheit, und man verwendet denselben daher sehr vortheilhaft zur Ausführung und Unterhaltung der Deiche. Eine gute Ackererde, welche einen bedeutenden Zusatz von Humus oder organischen Stoffen enthält, wird häufig auch als brauchbare Deicherde angesehen. Dieselbe gewährt in der That den grossen Vortheil, dass sie sich besonders leicht mit einem kräftigen Rasen überzieht, und wenn sie an sich auch weniger Widerstandsfähigkeit, als der Klauboden besitzt, so wird dieser Mangel doch durch die festere Decke ersetzt. Es tritt indessen hierbei zunächst der Uebelstand ein, dass eine Masse Larven und Würmer in dem Deiche sich vorfinden, und wenn dieselben an sich auch nicht schädlich sind, so veranlassen sie, dass Maulwürfe sich zahlreich hineinziehen, deren Gänge schon häufig starke Quellungen und selbst Durchbrüche von Deichen verursacht haben. Ausserdem geht diese Erde bei der wechselnden Nässe und Trockenheit mit der Zeit in einen Zustand der Verwitterung oder Verwesung über, worin sie alle Festigkeit verliert. Beim Aufgraben alter Deiche findet man häufig Lagen eines feinen, ziemlich hellen Pulvers, das weder im nassen noch im trocknen Zustande bindet, und fast das Ansehn von Asche hat. Es wäre freilich möglich, dass dasselbe von vegetabilischen Stoffen herrührt, die man unvorsichtiger Weise mit in die Deiche gepackt hat, wenn man aber dieses auch annehmen wollte, so müsste man doch voraussetzen, dass solche Stoffe nach der ersten Fäulniss sich in Humus verwandelt hätten. Erfahrene Deichbaumeister haben mich wiederholentlich auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und von Deichbeamten habe ich sogar den Ausdruck gehört, dass die Deicherde verfault sei.

Man entnimmt die zur Anlage und Erhaltung der Deiche erforderliche Erde am passendsten aus dem Aussendeiche oder aus dem Vorlande, weil sie sich hier durch die Niederschläge des Stromes bald wieder ersetzt, und der Erhöhung des Vorlandes, wenn auch nur in sehr geringem Masse, dadurch vorgebeugt wird. Man muss indessen die Erde nur aus einzelnen Gruben oder Pütten entnehmen, die unter sich nicht in Zusammenhang gebracht werden, weil sie sonst eine tiefe Rinne bilden würden,



mit einem vollständigen und gehörig angeordneten Systeme von Abzugsgräben durchzogen sein, die in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit der Entwässerung von Sümpfen bereits erwähnt worden (§. 28), wie die Zweige und Aeste eines gemeinschaftlichen Stammes zuletzt in den Haupt-Abzugsgraben oder den Busen münden, der nach dem Siele führt. Endlich muss von dem Siele durch den Aussendeich bis zum Strombette noch ein Graben, der sogenannte Aussengraben, angelegt und offen erhalten werden. Auch bei diesen Niederungen kommt es beinahe jedesmal darauf an, schon geringe Niveau-Differenzen zur Entwässerung zu benutzen, man kann daher wieder keine starke Gefälle und keine heftige Strömungen erzeugen. Um so nöthiger ist, die Gräben in hinreichender Weite und Tiefe offen zu erhalten, damit sie bei mässiger Strömung schon bedeutende Wassermassen abführen.

In den Flussniederungen kommt es nicht leicht vor, dass einzelne noch tiefer belegene Flächen oder Meere von denselben umschlossen werden, dagegen haben zuweilen ganze Flusspolder, wie etwa an der Nogat, eine so tiefe Lage, dass sie nur künstlich, oder mittelst Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Alsdann gehören auch diese Maschinen mit den betreffenden sonstigen Anlagen zu den Entwässerungs-Anstalten. In dem einen Falle, wie im andern, hat jede durch einen gemeinschaftlichen Deich umschlossene Niederung, also jeder Polder, auch seine besondere Entwässerung, und wenn nicht etwa einzelne Meere darin liegen, so stehn alle Gräben der ganzen Niederung mit dem Busen in unmittelbarer Verbindung, so dass derselbe Wasserstand, den dieser annimmt, sich in allen Gräben darstellt. Eine Ausnahme hiervon tritt nur ein, wenn bei besonders starker Auswässerung ein merkliches Gefälle sich bildet, oder wenn vielleicht ein heftiger Sturm das Wasser nach der einen Seite hinübertreibt.

Jeder Deichverband hat nach Massgabe der Höhenlage des Terrains und der Culturart des Bodens einen normalen Stand für das Wasser im Busen angenommen, und die Entwässerungsschleuse muss so gehandhabt werden, dass dieser Stand im Frühjahr möglichst bald dargestellt wird, das Wasser jedoch nicht darunter sinkt. Wenn keine künstliche Entwässerung



durch welche der Strom sich hindurchziehn und einen Nebenlauf ausbilden könnte. Man legt sie daher mit ihrer Längenrichtung normal gegen den Strom, und lässt zwischen je zweien eine Erdrücken stehn, der eben so breit als eine Grube ist. Ausserdem ist aber dafür zu sorgen, dass selbst die so gesicherte Reihe von Pütten noch mehrere Ruthen weit vom Deiche entfernt bleibt. Diese Pütten pflegen in einigen Jahren sich vollständig wieder anzufüllen, so dass man sie bald gar nicht mehr erkennen, und sie zu gleichem Zwecke aufs Neue wieder eröffnen kann. In manchen Fällen verursacht die Beschaffung der Erde grosse Schwierigkeiten, und man sieht sich zuweilen sogar gezwungen, sie aus dem Binnenlande zu entnehmen. Indem dieses aber schon an sich sehr niedrig liegt, und eine Wiederauffüllung der Gruben darin nicht erfolgen kann, so wird in solchem Falle die Oberfläche derselben für beständig der Cultur entzogen, oder doch der Ertrag vermindert.

Das Bepflanzen der Deiche mit Bäumen und Sträuchern, und zwar eben sowohl auf der Krone, als den Dossirungen, darf nicht gestattet werden, weil theils die Erschütterungen bei Stürmen die Erde auflockern, theils aber auch die Wurzeln die Bildung von Wasseradern veranlassen. Ebenso ist es gemeinhin auch untersagt, Zaunpfähle u. dergl. tief einzutreiben oder einzugraben.

### §. 150.

#### **Entwässerung der eingedeichten Niederungen.**

Ein geschlossener Deich, der den Eintritt des Hochwassers in die dahinter liegende Niederung vollständig verhindert, unterbricht auch die natürliche Entwässerung derselben, und zwar nicht nur zur Zeit des Hochwassers, sondern selbst bei kleinem Wasser. Der Deich muss daher an einer Stelle mit einer Durchlass-Oeffnung versehen werden, die man zur Zeit der Anschwellungen schliessen, zur Zeit des kleineren Wassers aber öffnen kann. Hierzu dienen die Entwässerungsschleusen, die man häufig auch Siele nennt, wiewohl dieser Name vorzugsweise in See-Marschen üblich ist.

Um die Wirksamkeit der Siele zu sichern, muss die Nieder-

mit einem vollständigen und gehörig angeordneten Systeme von Abzugsgräben durchzogen sein, die in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit der Entwässerung von Sümpfen bereits erwähnt worden (§. 28), wie die Zweige und Aeste eines gemeinschaftlichen Stammes zuletzt in den Haupt-Abzugsgraben oder den Busen münden, der nach dem Siele führt. Endlich muss von dem Siele durch den Aussendeich bis zum Strombette noch ein Graben, der sogenannte Aussengraben, angelegt und offen erhalten werden. Auch bei diesen Niederungen kommt es beinahe jedesmal darauf an, schon geringe Niveau-Differenzen zur Entwässerung zu benutzen, man kann daher wieder keine starke Gefälle und keine heftige Strömungen erzeugen. Um so nöthiger ist, die Gräben in hinreichender Weite und Tiefe offen zu erhalten, damit sie bei mässiger Strömung schon bedeutende Wassermassen abführen.

In den Flussniederungen kommt es nicht leicht vor, dass einzelne noch tiefer belegene Flächen oder Meere von denselben umschlossen werden, dagegen haben zuweilen ganze Flusspolder, wie etwa an der Nogat, eine so tiefe Lage, dass sie nur künstlich, oder mittelst Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Alsdann gehören auch diese Maschinen mit den betreffenden sonstigen Anlagen zu den Entwässerungs-Anstalten. In dem einen Falle, wie im andern, hat jede durch einen gemeinschaftlichen Deich umschlossene Niederung, also jeder Polder, auch seine besondere Entwässerung, und wenn nicht etwa einzelne Meere darin liegen, so stehn alle Gräben der ganzen Niederung mit dem Busen in unmittelbarer Verbindung, so dass derselbe Wasserstand, den dieser annimmt, sich in allen Gräben darstellt. Eine Ausnahme hiervon tritt nur ein, wenn bei besonders starker Auswässerung ein merkliches Gefälle sich bildet, oder wenn vielleicht ein heftiger Sturm das Wasser nach der einen Seite hinübertreibt.

Jeder Deichverband hat nach Massgabe der Höhenlage des Terrains und der Culturart des Bodens einen normalen Stand für das Wasser im Busen angenommen, und die Entwässerungsschleuse muss so gehandhabt werden, dass dieser Stand im Frühjahr möglichst bald dargestellt wird, das Wasser jedoch nicht darunter sinkt. Wenn keine künstliche Entwässerung

stattfindet, so hängt der Eintritt des Zeitpunktes, in welchem das Binnenland trocken wird, vom Verhalten des Stromes ab. Während der Anschwellung desselben muss natürlich die Entwässerungsschleuse geschlossen gehalten werden, und indem der Schnee im Binnenlande schmilzt, dazu auch noch das Regenwasser kommt, und Quellen sowohl vom höheren Ufer, als auch mehr durch die Deiche eindringen, so steigt das Wasser in dem Busen und allen damit verbundenen Gräben, und inundirt häufig, ohne dass der angeschwollene Strom unmittelbar in die Niederung gedrungen wäre, einen grossen Theil derselben. Sobald alsdann der Strom bis zum Wasserspiegel des Busens gesunken ist, so öffnet man die Entwässerungsschleuse, um beim weiteren Fallen des Stromes sogleich die Entwässerung beginnen zu lassen. Bei raschem Sinken des Aussenwassers bildet sich ein starkes Gefälle, und die Auswässerung geht schnell vor sich. Gegentheils erfolgt sie aber nur sehr langsam, und wenn der Strom, wie oft geschieht, inzwischen wieder steigt, so muss die Schleuse aufs Neue geschlossen werden, und oft vergehn mehrere Monate, ehe endlich der normale Stand sich dargestellt hat. Sobald dieses erreicht ist, so schliesst man die Schleuse, weil die Niederung sonst zu zu grosser Trockenheit leiden und dadurch der Ertrag der Wiesen und Aecker beeinträchtigt werden würde. Bei anhaltender Dürre sinkt der Wasserstand in der Niederung in Folge der Verdunstung immer tiefer herab, während die Auswässerung vollständig unterbrochen ist, und sogar das Regen- und Quellwasser absichtlich zurückgehalten wird. In solcher Zeit entstehen häufig grosse Verlegenheiten wegen Wassermangel; die Feldfrüchte und selbst das Gras werden am Wachsthum behindert, und indem die Gräben ganz trocken liegen, muss das Vieh, welches sonst sich selbst überlassen auf den Weiden bleibt, in weite Entfernungen nach den Tränken getrieben werden. Wenn alsdann der Strom wieder zu schwellen anfängt, so öffnet man die Schütze der Entwässerungsschleuse und lässt das Wasser in die Niederung hineinströmen. Ein solcher günstiger Fall ereignet sich indessen in Stromstrecken nicht leicht, die von den periodischen Schwankungen der Fluth und Ebbe nicht getroffen werden. Dagegen bietet sich bei einem lang ausgezogenen Polder zuweilen die Gelegenheit, von dem Gefälle des Stromes in dieser Beziehung

gemein angenommen, denn man findet zuweilen auch an den den Fluss theilen Siele mit Stemnthoren.

Diese eigentlichen Siele sollen bei Gelegenheit der Siele näher beschrieben werden. In Betreff der Construction der Entwässerungsschleusen in Flussdeichen wäre nur zu erwähnen, dass man ihre Seitenmauern entweder bis zur Krone des Deiches heraufführt, und den Schützen, die aus mehreren übereinander gestellten Tafeln bestehen, dieselbe Höhe giebt, oder dass man sie bei höheren Deichen überröhlbt, und die Schütze vor beiden Stützflächen des Bogens and der Widerlager auszubringen pflegt. Zuweilen wendet man indessen statt des Massivbauers, auch Constructionen in Holz dabei an. Jedenfalls bildet eine Entwässerungsschleuse eine schwache Stelle im Deiche, indem die Verdrängung der Erde mit dem Mauerwerk, oder mit dem Holze nicht so innig ist, als der Erde in sich. Dazu kommt auch das Setzen des Deiches, woran die sicher fundirte Schleuse nicht Theil nimmt. Der Erdbösch lässt sich daher von der Schleuse und theils bilden sich hier Quellungen, theils aber wird der äussere Rand der Erde vom Wellenschlage übermässig angegriffen. Wenn man auch kräftigere Deckungsarten, wie etwa Pflasterungen hierbei benutzt, so muss dennoch gleich bei Anlage der Schleusen für ihre niederste Sicherung gesorgt werden. Man verlegt sie daher an Stellen, wo der Untergrund besonders fest ist, also ein starkes Setzen des Deiches nicht erwartet werden kann, wo aber ausserdem ein sicheres und hohes Vorland liegt, auch der Strom nicht dagegen gerichtet ist, und so endlich, soweit dieses möglich ist, auch der Wellenschlag keine Bewehrung erweckt.

Es ist bereits erwähnt worden, dass es gemeinhin darauf ankommt, die Entwässerung der Niederung möglichst zu beschleunigen. Zu diesem Zwecke muss die Schleuse die niedrigste Stromstelle treffen, oder sie muss im untern Ende des Deiches liegen. Dabei ist es brüchlich gleichgültig, ob sie einziger Nutzen von hervorgebracht wird, da das entsprechende Gefälle des Stromes ganz unmerklich ist. Wenn der Deich aber auch nur auf einer Vordurchsicht sich über dem Strome erhebt, so ist bei einem relativen Gefälle des Stromes von 1:6000 das bei der Entwässerung zu benutzende absolute Gefälle am untern Ende des Deiches schon um einen Fuss grösser, als am obern Ende.



Was den Aussengraben betrifft, der das Wasser aus der Schleuse durch das Vorland nach dem Strombette führt, so ist derselbe sehr starken Versandungen ausgesetzt, und zwar in noch höherem Grade, als die Mündungen anderer Bäche, welche zur Zeit der Anschwellungen selbst grosse Wassermassen abführen, und dadurch ihr Bette aufräumen. Man darf den Versandungen aber nicht etwa dadurch zu begegnen versuchen, dass man die Schleuse in die Nähe einer Stromkrümme legt, und zwar neben deren concavem Ufer, weil alsdann die Gefahr für die Schleuse zu gross würde. Es bleibt nur übrig, durch Räumungen, die nach jedem Hochwasser vorgenommen werden, den Graben offen zu erhalten. Wo Fluth und Ebbe stattfindet, kann man Spülungen anwenden, und die Wirkung derselben noch durch den Schlickpflug (§. 91) verstärken, bei den Gräben vor Flussdeichen bietet sich hierzu aber keine Gelegenheit.

Wenn die eingedeichte Niederung, wie häufig geschieht, nur als Wiese oder Weideland benutzt wird, so vermindert sich ihr Ertrag durch die Eindeichung, weil dadurch das trübe, mit thonigen Theilchen versetzte Wasser abgehalten wird, sie zu überfluthen und die Niederschläge darauf abzusetzen. Man versucht zuweilen, diesen Vortheil, den eine mässige Ueberfluthung mit trübem Wasser gewährt, dadurch herbeizuführen, dass man solches durch die Entwässerungsschleuse aus dem noch angeschwollenen Strome eintreten lässt. Der beabsichtigte Erfolg wird dabei für die nächst belegenen Flächen auch wirklich erreicht. Indem das Wasser sich aber nur langsam ausdehnt, so reinigt es sich immer mehr, und wenn es auf das entferntere Terrain tritt, so ist es schon vollkommen geklärt, kann daher zur Befruchtung des Bodens nichts mehr beitragen, ist demselben sogar mehr schädlich, indem es ihn auslaugt. Das Verhältniss stellt sich wegen des sanften Abhanges der Niederung etwas günstiger heraus, wenn man das Wasser von oben einlässt, und im Falle, dass die Niederung eine grosse Längen-Ausdehnung hat, also vor derselben ein bedeutendes absolutes Gefälle im Strome liegt, so bietet sich zuweilen sogar die Gelegenheit, eine anhaltende Ueberrieselung eintreten zu lassen. Solche Verhältnisse müssen als besonders günstig angesehen werden, insofern dadurch der Boden nicht nur fruchthar gemacht, sondern ähnlich, wie bei einer Colmation (§. 29) nach und nach auch etwas erhöht wird.

Nichts desto weniger kommen Einrichtungen dieser Art nur selten, und alsdann auch nur in sehr beschränkter Ausdehnung vor. Der Grund davon ist zum Theil in der Besorgnis zu suchen, welche die Vermehrung der Schleusen erregt. Man vermeidet dieselben aber, wenn man, wie oft geschieht, nur Röhren sogenannte Krüper, durch den Deich legt. Wollte man gußeiserne Röhren wählen und dabei Anordnungen treffen, wie es bei Gelegenheit der Speisehassins (§. 123) beschrieben sind, so würde man, ohne eine Schwächung des Deiches zu veranlassen, grosse Wassermengen der Niederung zuführen können.

Endlich muss hier noch von den künstlichen Entwässerungen die Rede sein. Dieselben erstrecken sich entweder auf die ganze von einem gemeinschaftlichen Winterdricke umschlossene Niederung, oder nur auf einen Theil derselben, der besonders tief liegt. Zur speciellen Beschreibung eignet sich vorzugsweise der letzte Fall, weil dabei zugleich das Verfahren der Eindeichung und Trockenlegung des Meeres mitgeteilt werden kann, während ganze Niederungen, die künstlich entwässert werden müssen, ursprünglich wohl nicht so tief lagen, vielmehr entweder durch die Erhöhung des sie umgebenden Wasserspiegels, oder indem sie selbst sich senkten, in diese ungünstige Lage versetzt sind.

Die einzelnen vertieften Stellen in den Niederungen rühren zum Theil von den alten Flussbetten oder Auskolkungen her, die zufällig sich bildeten, in Holland sind sie aber grossentheils durch Torfgräbereien entstanden, und sie haben in solchem Falle nicht selten eine Tiefe von 15 bis 20 Fuss unter dem Busse. Sie füllen sich natürlich im Laufe der Zeit mit Wasser an, und häufig geschieht dieses auch schon während der Gewinnung des Torfes, indem derselbe durch Baggermaschinen gehoben wird. Dieser Torf ist sehr fein und frei von allen gröberen Fasern, woher er in weichem, schlammartigen Zustande ausgehoben, gleichmässig auf dem Rasen ausgebreitet, und nachdem er einigermaassen steif geworden ist, in regelmässige Stücke zerschnitten wird. Gegenwärtig ist man in der Ertheilung von Concessionen zu solchen Torfstichen sehr vorsichtig geworden. Die Gesellschaften, denen eine Anlage dieser Art gestattet wird, müssen sich verpflichten, in bestimmten Entfernungen gewisse Zwischenwände

stehen zu lassen, damit die Wasserflächen sich nicht so ausdehnen, dass sie zur Zeit eines heftigen Wellenschlages den Umgebungen gefährlich werden. Ausserdem müssen die Ufer gehörig befestigt werden, und endlich muss im Zeitraume von 99 Jahren nach Ertheilung der Concession der ganze Torfstich wieder culturfähig gemacht sein, indem das Wasser ausgepumpt und die Fläche mit den nöthigen Anlagen versehen ist, um dauernd entwässert werden zu können. In Holland heissen solche Torfstiche Veenplaassen, sobald sie aber trocken gelegt sind, nennt man sie eine Droogmarkerij oder ein Meer.

Ehe man die Schöpfmaschinen in Bewegung setzt, muss dafür gesorgt werden, dass das Wasser der ganzen Niederung nicht in das Meer flicse und dasselbe immer wieder anfülle. Zu diesem Zwecke beginnt man die Arbeit mit der Ausführung eines Umschliessungsdeiches oder Ringdeiches. Derselbe braucht nicht die Höhe eines Winterdeiches zu haben, er darf nur so hoch sein, dass das höchste Binnenwasser des Polders ihn nicht überfluthet. Die dazu erforderliche Erde kann man aber nicht anders gewinnen, als indem man an der äussern Seite des Deiches einen tiefen Graben, den Ringsloot, oder die Ringsfahrt aushebt. Dieser Graben wird mit den Abzugsgräben der Niederung in Verbindung gesetzt und entwässert in den Busen. Das Wasser, welches die Schöpfmaschinen liefern, fliesst zunächst in ihn. Die erste aufgestellte Maschine hebt das Wasser aus einer gewissen, meist sehr wässigen Tiefe. Wenn diese nach Monaten, oder bei grossen Flächen auch wohl erst nach einem Jahre den Wasserstand so tief gesenkt hat, dass sie mit Vortheil nicht mehr schöpfen kann, so stellt man dahinter eine zweite Maschine auf, die in grösserer Tiefe herabreicht. Diese führt der ersteren das Wasser zu, und beide bleiben nun gemeinschaftlich in Wirksamkeit. Oft kommt später noch eine dritte und in manchen Fällen sogar eine vierte hinzu, bis endlich die Sohle des Grabens trocken gelegt ist. Die ganze Reihe dieser zusammengehörigen Schöpfmaschinen nennt man einen Gang.

Bei der Trockenlegung des Haarlemmer Meeres benutzt man Pumpen, welche durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt werden. Die Dampfkraft ist zu demselben Zwecke in den Niederlanden schon im vorigen Jahrhunderte angewendet worden,



durch welche der Strom sich hindurchziehn und einen Neuwelp ausbilden könnte. Man legt sie daher mit ihrer Längsrichtung normal gegen den Strom, und lässt zwischen je zweien eine Erdrücken stehn, der eben so breit als eine Grube ist. Ausserdem ist aber dafür zu sorgen, dass selbst die so gesicherte Reue von Pütten noch mehrere Ruthen weit vom Deiche entfernt bleibe. Diese Pütten pflegen in einigen Jahren sich vollständig wieder anzufüllen, so dass man sie bald gar nicht mehr erkennen, und sie zu gleichem Zwecke aufs Neue wieder eröffnen kann. In manchen Fällen verursacht die Beschaffung der Erde grosse Schwierigkeiten, und man sieht sich zuweilen sogar gezwungen, sie aus dem Binnenlande zu entnehmen. Indem dieses aber schon an sich sehr niedrig liegt, und eine Wiederauffüllung der Gruben darin nicht erfolgen kann, so wird in solchem Falle die Oberfläche derselben für beständig der Cultur entzogen, oder doch ihr Ertrag vermindert.

Das Bepflanzen der Deiche mit Bäumen und Sträuchern, und zwar eben sowohl auf der Krone, als den Dossirungen, darf nicht gestattet werden, weil theils die Erschütterungen bei Stürmen die Erde auflockern, theils aber auch die Wurzeln die Bildung von Wasseradern veranlassen. Ebenso ist es gemeinhin auch untersagt, Zaunpfähle u. dergl. tief einzutreiben oder einzugraben.

#### §. 150.

##### **Entwässerung der eingedeichten Niederungen.**

Ein geschlossener Deich, der den Eintritt des Hochwassers in die dahinter liegende Niederung vollständig verhindert, unterbricht auch die natürliche Entwässerung derselben, und zwar nicht nur zur Zeit des Hochwassers, sondern selbst bei kleinem Wasser. Der Deich muss daher an einer Stelle mit einer Durchfluss-Oeffnung versehen werden, die man zur Zeit der Anschwellungen schliessen, zur Zeit des kleineren Wassers aber öffnen kann. Hierzu dienen die Entwässerungsschleusen, die man häufig auch Siele nennt, wiewohl dieser Name vorzugsweise in See-Marschen üblich ist.

Um die Wirksamkeit der Siele zu sichern, muss die Niede-



senkrechte Axe und wird, sobald die Mühle nicht in kräftigem Gange ist, vom Drucke des äussern Wassers geschlossen, so dass dieses nicht zurückfliessen kann. Das Rad dreht sich in solcher Richtung, dass die untern Schaufeln über dem Aufleiter aufsteigen. Sie reissen dabei das Wasser mit sich, werfen es zum Theil hoch auf, und veranlassen dadurch einen so starken Druck gegen die Wachtthüre, dass diese sich öffnet und ein regelmässiges Aufmahlen stattfindet, so lange der Wind hinreichend stark ist. Man könnte vermuthen, dass die Richtung der Schaufeln nicht angemessen gewählt sei, und dass sie das Wasser besser fassen würden, wenn ihre Verlängerung nicht vor, sondern hinter die Welle trüfe. Dieses ist allerdings richtig, aber alsdann würde der Uebelstand eintreten, dass das Wasser nicht nach vorn, sondern mehr rückwärts, also nach dem Rade geworfen würde, daher immer aufs Neue gefasst und gehoben werden müsste. Die Höhe, zu der das Wasser gehoben wird, beträgt etwa 4 Fuss.

Ueber den Effect dieser Mühlen wurden in den Jahren 1774 und 1775 sehr wichtige Beobachtungen von Brünings angestellt, deren Zweck die Vergleichung der beschriebenen senkrechten Wurfräder mit ähnlichen schräge gestellten war. Letztere waren kurz vorher erfunden, und man meinte, dass sie viel mehr als jene leisteten. Die Beobachtungen ergaben dieses indessen nicht, und die schrägen Räder haben überhaupt wenig Anwendung gefunden. Die Mühle mit dem senkrechten Wurfrade, welche zu den Versuchen benutzt wurde, war die Binnenwegsche Mühle an der Bleiswijkschen Droognackerij. Das Wurfrad derselben hielt 19 Fuss 9 Zoll im Durchmesser, und die Schaufeln waren 18½ Zoll breit. Die Anzahl derselben betrug acht und zwanzig. Bei einer Umdrehung dieses Rades drehte sich die Flügelwelle 1,94 mal um. Jeder der vier Mühlenflügel war 44 Fuss lang. Die Breite der windfangenden Fläche am Ende des Flügels betrug mit Einschluss des Bortes 7 Fuss 10 Zoll, und der Inhalt der ganzen windfangenden Fläche an allen vier Flügeln mass 1240 Quadrattuss.

Bei schwachem Winde, wobei das Wurfrad sich nur langsam drehte, leistete dasselbe gar nichts, indem das Wasser zwischen den Schaufeln und dem Gerinne wieder zurückfloss. Die Wachtthüre öffnete sich erst, sobald die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades über 2 Fuss stieg, aber auch dann war die Leistung noch

sehr unbedeutend. Die nachstehende Tabelle weist die wichtigsten Resultate der Beobachtungen nach. Die erste Spalte bezeichnet die Geschwindigkeit des Windes, die zweite die des Wurfrades und zwar am Umfange desselben. Beide sind in Fuss und für eine Secunde ausgedrückt. Die dritte Spalte giebt die Anzahl der Cubikfuss Wasser an, die während einer Minute 4 Fuss hoch gehoben wurden, und die vierte bezeichnet die bei einer Umdrehung der Flügelwelle gehobene Wassermenge gleichfalls in Cubikfuss.

Geschwindigkeit		Wassermenge	
des Windes.	des Wurfrades.	in 1 Minute.	bei 1 Umdrehung
14,8	3,7	420	61
17,7	4,9	772	84
22,0	6,0	1276	113
27,3	7,3	1990	145
30,5	8,3	2160	132
35,3	10,2	2436	128

Man ersieht hieraus, dass bei zunehmender Geschwindigkeit des Windes und des Rades der Effect zwar zunimmt, doch keineswegs in gleichem Verhältnisse. Das Rad hebt bei einer Umdrehung die grösste Wassermenge, wenn seine Geschwindigkeit etwas über 7 Fuss in der Secunde beträgt. Dass es bei langsamerer Bewegung weniger leistet, ist sehr erklärlich, weil alsdann das Wasser leichter durch die freien Seitenräume zurückfliessen kann; auffallend ist es aber, dass der Effect auch bei grösserer Geschwindigkeit sich wieder vermindert. Vielleicht rührt dieses davon her, dass das Wasser alsdann nicht schnell genug zufließen kann.

Woltman fügt der ausführlichen Mittheilung dieser Beobachtungen \*) noch eine Tabelle über die Geschwindigkeit des Windes bei, wie er solche während 5 Jahren in Cuxhaven beobachtet hatte. Im Laufe eines Jahres war nämlich diese Geschwindigkeit durchschnittlich:

\*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band. Seite 170 f.

in 6	Tagen	gleich Null
„ 7	„	0 bis 5 Fuss
„ 34½	„	5 bis 10 „
„ 62	„	10 bis 15 „
„ 69	„	15 bis 20 „
„ 66	„	22 bis 25 „
„ 45	„	25 bis 30 „
„ 32½	„	30 bis 35 „
„ 22½	„	35 bis 40 „
„ 12	„	40 bis 45 „
„ 5	„	45 bis 50 „
„ 3½	„	50 bis 75 „

Die vorstehenden Geschwindigkeiten sind im Hamburger Maaße angegeben. Nimmt man an, dass die Mühlen nur im Gange sind, in die Geschwindigkeit des Windes über 15 und unter 35 Fuss der Secunde beträgt, so werden sie während sieben Monaten Thätigkeit erhalten. In den Niederlanden pflegt man anzunehmen, dass eine Mühle während 200 Tagen mahlen kann, und dieser Zeit durchschnittlich 1000 Cubikfuss während jeder Ute hebt.

Man rechnet ausserdem auf jede 360 000 Quadratruthen Oberfläche eine Schöpfmühle, oder wenn der Grund sehr quellig ist, in eine solche nur 250 000 Quadratruthen trocken legen. Beide Zahlen gelten für einzelne Mühlen, oder für die Reihen der an einander stehenden zusammen gehörigen Mühlen.

Noch wäre zu erwähnen, dass das Ausmahlen von Meeren begonnen werden kann, wenn auch der Wasserstand im Busen noch höher als der Busen ist, also wenn der Busen noch nicht entwässert. Selbst während des Winters, und wenn die Flächen mit Eis bedeckt sind, sieht man oft die Mühlen in Thätigkeit. Sie müssen aber angehalten werden, sobald der Wasserstand im Busen so hoch steigt, dass ein Zurücktreten des Wassers für den Ringdeich, oder eine andere Gefahr für die Niederung besorgt werden kann.

## §. 131.

## Unterhaltung der Deiche.

Ueber Anlage und Unterhaltung der Deiche führt der Staat zwar eine gewisse obere Aufsicht, damit keine augenscheinliche Gefahr dadurch herbeigeführt, auch das Schifffahrts- oder Vorfluth-Interesse nicht beeinträchtigt werde, die Verwaltung pflegt aber denjenigen Grundbesitzern oder Gemeinden überlassen zu sein, deren Ländereien im Schutze des Deiches liegen. Es ist hier nicht der Ort, die passendste Einrichtung der Deichverbände näher zu erörtern, doch müssen zwei Punkte in Betreff derselben berührt werden.

Die Kosten für den Bau und die Instandhaltung der Deiche tragen die dabei beteiligten Gemeinden und sonstigen Grundbesitzer. In manchen Fällen werden diese Beiträge nach Massgabe der Höhenlage und sonstigen Beschaffenheit der einzelnen Aecker und Wiesen erhoben. Eine solche verschiedenartige Betheiligung ist indessen sehr schwierig festzustellen, und pflegt vielfache Widersprüche hervorzurufen. In dem bereits erwähnten Clereschen Deichschau-Reglement ist dagegen im Allgemeinen der Grundsatz festgehalten, dass alle im Schutze eines Deiches liegende Ländereien gleichmässig besteuert werden. Durch ein Nivellement wird nämlich festgestellt, welche Flächen bei dem Wasserstande, auf den die Deichhöhe sich bezieht, inundirt sein würden, wenn der Deich nicht existirte, und auf diese werden die Lasten gleichmässig vertheilt. Es ist nicht zu verkennen, dass die am Rande des Inundations-Gebietes belegenen Fluren weit geringere Vortheile von der Anlage des Deiches haben, als diejenigen, welche näher und unmittelbar neben diesem liegen. Nicht desto weniger gleicht die grössere Gefahr der letzteren diesen Vortheile ergermassen wieder aus. Wenn ein Durchbruch erfolgt, so ist der Schaden für die entfernteren Aecker und Wiesen nicht so bedeutend, während die nahe belegenen aufgerissen und mit Sand aus Kies bedeckt werden, so dass sie leicht ihre frühere Fruchtbarkeit für immer verlieren, jedenfalls aber nur mit grossen Kosten wieder fruchtbar gemacht werden können.

Eine andre Frage besteht sich darauf, ob jedem Betheiligten ein angemessenes Stück des Deiches, ein Pfand genannt, über-



wiesen werden soll, für dessen Instandhaltung er verantwortlich gemacht wird. Dieses Verfahren, das allerdings in manchen Niederungen üblich ist, rechtfertigt man dadurch, dass es jedem Grundbesitzer viel leichter ist, Leute und Gespann, wenn er solche gerade in seiner Wirthschaft nicht braucht, einige Tage hindurch an der Ausbesserung des Deiches zu beschäftigen, als die Unterhaltungskosten baar zu zahlen. Diese Absicht lässt sich indessen nicht vollständig erreichen, indem zu grössern Ausbesserungen, und vollends wenn Deichbrüche erfolgt sind, der ganze Verband zutreten muss. Aber selbst kleinere Reparaturen pflegen sehr schlecht anzufallen, wenn keine Aufsicht dabei stattfindet. Solche Deiche werden daher nicht gehörig behandelt, und leicht entsteht dabei Gefahr für den ganzen Polder. Es ist demnach viel zweckmässiger, alle Instandsetzungen auf Kosten des ganzen Verbandes und unter gehöriger Aufsicht vorzunehmen. Die baaren Auslagen der Einzelnen, und namentlich der kleineren Grundbesitzer, lassen sich dabei aber noch immer ungehn, indem diese mit ihren Leuten und ihrem Fuhrwerk an der Arbeit sich betheiligen und den Tagelohn verdienen können.

Zum Schutze des Deiches trägt der Rasen, der ihn bedeckt, wesentlich bei. Man muss daher vorzugsweise dafür sorgen, diesen in gutem Stande und in recht kräftigem Wuchse zu erhalten. Er wird mehrmals im Jahre gemäht, und es ist sogar nothwendig in der Zeit, wenn das dazwischen wachsende Unkraut in der Blüthe steht, dasselbe abzuheuen, damit der Samen nicht zur Reife kommt und der Graswuchs unterdrückt wird. Auch das Beweiden des Deiches ist in trockner Jahreszeit keineswegs nachtheilig, vielmehr dient es sogar dazu, die Gänge, welche der Maulwurf gebildet, zu schliessen. Dieses Beweiden darf aber nur allein durch Pferde und Hornvieh geschehn; Ziegen, Schweine und Gänse sind dagegen sorgfältig von den Deichen abzuhalten, weil sie den Rasen zerstören.

Wenn die Dossirungen theilweise ausgerissen sind, so darf dieses nicht durch blosses Ueberschütten mit Erde ausgebessert werden, man muss vielmehr den Rasen darüber sorgfältig entfernen, die alte Erde durch Aufhacken wund machen, und die neue anstampfen und sie mit kräftigen Soden bedecken. In

sich herumzieht, der, dem heftigen Angriffe ausgesetzt, nur durch die ausserordentlichsten Mittel gehalten werden kann.

Wenn es darauf ankommt, einzelne besonders stark angegriffene Stellen des Deiches zu sichern, so wählt man dazu kräftigere Mittel, als die Rasendecke. So werden vortretende Deichercken zuweilen durch Steinpflaster oder auch wohl durch Steinschüttungen gehalten, und wenn man mit den Reparaturen nicht schnell genug fertig werden kann, also vor dem Eintritte des neuen Hochwassers die Rasendecke noch fehlt, so wendet man oft auch Deckungen mit Strauch, also Spreutlagen oder noch besser Rauchwehren an. Dieselben bieten freilich gegen das vorübertreibende Eis einen guten Schutz, aber im Wellenschlage werden sie leicht gelöst, und sind daher sehr unsicher. Ihre Anwendung rechtfertigt sich nur im Falle der Noth, und man muss sie möglichst bald beseitigen. Von andern Deckungsarten wird bei Gelegenheit der Seedeiche noch die Rede sein.

Sobald das Hochwasser vor dem Deiche steht, sind die Maassregeln, die man zur Sicherstellung und zur Verhütung von Durchbrüchen anwenden kann, von weit geringerer Bedeutung, indem die äussere Böschung verdeckt ist, und an der innern Seite Aufgrabungen u. dergl. sehr bedenklich werden, auch die Beschaffung grosser Massen von Material im Augenblicke der Gefahr unmöglich ist. Es kommt daher immer darauf an, die Deiche schon vorher in gehörigen Stand zu setzen. Je vollständiger dieses geschehn ist, um so sicherer werden sie auch das Hochwasser abhalten, und dem Angriffe desselben widerstehn. Nichts desto weniger darf man in solcher Zeit doch nicht sie ganz sich selbst überlassen. Bei gewissen höheren Wasserständen muss der Verband die vorschriftsmässige Mannschaft und das Fuhrwerk stellen, damit überall, wo es Noth thut, Hülfe geschafft werden kann. Das zur Sicherung des Deiches erforderliche Material Strauch, Pfähle, Bretter, Dünger, Säcke und dergl. ist schon früher auf bestimmte Stellen gebracht, und die Deichbeamten beziehn die Wachbuden. Eine fortdauernde Besichtigung des ganzen Deiches wird eingerichtet, und man sorgt dafür, dass der obere Beamte, von allen Vorgängen möglichst schnell Nachricht erhält.

Die Deiche erhalten, wie erwähnt, nur eine solche Höhe, dass

sie bei den höchsten eisfreien Wasserständen sicher sind. Trennt Eisstopfungen ein, so erhebt sich das Wasser vor denselben leicht zu einer grössern Höhe. Man pflegt alsdann die Deichkrone an solchen Stellen noch schleunigst zu erhöhen, oder aufzuhalden. Die Kahde ist wieder eine Art von Deich, der auf die Krone gestellt wird. Sie kann indessen bei der Eile, womit man sie erbaut, nicht die übliche Befestigung erhalten. Fig. 363 sind zwei verschiedene Arten von Kahden dargestellt. *a* zeigt eine solche, die mit einem gewöhnlichen Fangedamme Aehnlichkeit hat. Man schlägt kleine Pfähle in 4 Fuss Abstand in den Deich, und lehnt dagegen Bretter. Den Zwischenraum, der 2 bis 3 Fuss breit ist, füllt man mit Erde an. Doch ist man in der Wahl des Materials weniger schwierig. Man nimmt vielmehr, was man am leichtesten beschaffen kann, und selbst die Verwendung von Sand findet keinen Anstand. Hat man nicht genug Bretter und Pfähle vorrätzig, so bildet man nur eine Holzwand, die jedoch auf der Stromseite sich befinden muss, um einigen Widerstand dem Wellenschlage, und dem gegenstossenden Eise zu leisten. Auf der innern Seite lehnt sich eine Erdböschung dagegen. Wenn aber nur sehr wenig Erde beigebracht werden kann, also die Kahde sehr schmal wird, so pflegt man wohl je zwei Pfähle einander gegenüber zu stellen, und diese oberhalb der Bohlen mit Weidenruthen zusammen zu binden. Fig. *b* zeigt eine andre Anordnung, wobei statt der Bohlen oder Bretter, Faschinen verwendet sind, die gleichfalls durch Pfähle und eine Erdböschung gesichert werden.

Man kann auf diese Weise eine Erhöhung des Deiches von  $1\frac{1}{2}$  Fuss, und selbst von 2 Fuss leicht darstellen. Grosse Höhen sind indessen gemeinhin nur auf kurze Deichstrecken erforderlich, indem bei Eisversetzungen das Gefälle des Wasserspiegels davor beinahe zu verschwinden pflegt. Wenn das Eis gegen den Deich drängt, so stellt man die Kahde auf den innern Rand der Krone, um sie einigermaassen zu schützen. Man hat dabei auch noch den Vortheil, dass sie hier etwas niedriger sein darf. Sonst ist es aber vorzuziehen, sie an den äussern Rand zu stellen, weil alsdann hinter ihr noch die Passage stattfindet, und selbst Wagen auf dem Deiche fahren können.

Solche temporäre Erhöhungen der Deiche haben vorzugsweise den Zweck, das Ueberlaufen bis zur Lösung der Eis-



stopfung zu verhindern, die in der Regel bald eintritt, und namentlich durch den verstärkten Wasserdruck noch befördert wird. Ausserdem trifft die Gefahr, wenn die Stopfung sich nicht sobald löst, die beiden gegenüber liegenden Deiche, und sie tritt bei demjenigen ein, der am ersten überläuft. Häufig waltet daher bei der Vertheidigung auch die Absicht vor, den Deich nur etwas länger zu halten, als der am andern Ufer belegene. Sobald letzterer stark überströmt wird und durchbricht, ist der erstere gesichert, weil das Wasser sogleich fällt. Wenn das Ueberlaufen über einen recht regelmässigen, und mit flacher Binnendossirung versehenen Deich eintritt, und besonders wenn derselbe noch fest gefroren ist, so kann es stundenlang erfolgen, ehe der Bruch stattfindet. Andererseits aber, wenn die Krone an einer Stelle bedeutend vertieft ist, hier also die Strömung sich concentrirt, auch die innere Böschung sehr steil und das Erdreich bereits durchweicht ist, so geht die Zerstörung sehr schnell vor sich. In der kürzesten Zeit stürzt der Deich zusammen, während das herabströmende Wasser schon den Boden angreift und ein tiefer Kolk am Fusse sich bildet, der beim Bruche des Deiches sich vergrössert und eine bedeutende Längen-Ausdehnung in der Richtung der Strömung annimmt.

Eine andere noch grössere Gefahr veranlassen die Quellen im Deiche. Sie entstehen zum Theil aus den Gängen der Maulwürfe und Mäuse, häufig aber auch aus der unvorsichtigen Verwendung unreiner, oder sehr sandiger Erde, besonders wenn diese zufälliger Weise in einzelnen Streifen der Quere nach sich durch den ganzen Deich hindurchzieht, während im Uebrigen festes Material gewählt ist, welches nicht nachsinkt. In dieser Beziehung scheint sogar ein Deich, der ganz aus Sand besteht, weniger gefährlich. Derselbe wird freilich keineswegs dicht sein, vielmehr quillt das Wasser überall hindurch, aber die Quellungen bilden sich weniger leicht so stark aus, als im ersten Falle zu besorgen ist. Unter dem Schutze einer festen Decke, die nicht sogleich zerbricht und nachstürzt, greift das Quellwasser den umgebenden Boden immer stärker an, und bildet nach und nach weite Kanäle. Es entstehen sogar in solchem Deiche grosse Höhlungen, während die äussere Decke vollkommen fest ist, und die Gefahr



nicht früher bemerken lässt, bis sie plötzlich zusammensinkt und der Bruch des Deiches erfolgt.

Am sichersten würde man die Quellen stopfen, wenn diese auf der äussern Seite geschehn könnte. Bei ruhigem Wetter, und wenn keine grosse Eismassen das Wasser bedecken, hat man dieses wohl zuweilen versucht, indem man aus der Bewegung des Wassers auf die Lage der Mündung des Quellschliesst, und etwa Säcke, die mit Sand oder Erde gefüllt sind, darauf zu bringen sich bemüht. Der Zug des Wassers, das mit Heftigkeit in die Oeffnung dringt, erleichtert einigermaassen einen solchen Versuch, indem es den herabsinkenden Körper mit sich reist; die Wahrscheinlichkeit des Gelingens ist indessen so unbedeutend, dass man meist von diesem Mittel keinen Gebrauch macht. In Holland hat man in einzelnen Fällen auch die äussern Dämmungen, während sie vom Wasser bedeckt waren, durch Segel gedichtet, die darüber versenkt wurden. Man überzeugt sich aber leicht, wie wenig Erfolg solche Mittel versprechen, die nur unter günstigen Umständen und wenn sie mit der grössten Vorsicht zur Ausführung gebracht werden, gelingen können. Im Augenblicke der Gefahr rechtfertigt es sich nicht, Zeit und Menschenkräfte auf Versuche zu verwenden, die so wenig versprechen, man greift also allgemein zu andern Mitteln. Das Verstopfen der Oeffnungen, durch welche das Wasser auströmt, ist gemeinlich nutzlos, indem letzteres sogleich an einer andern Stelle durchzudringen pflegt, wenn die erste geschlossen ist. Auch Anschüttungen von Erde helfen nicht viel, indem diese sogleich erweicht und fortgespielt werden. Nichts desto weniger sucht man hierdurch doch zuweilen Hülfe zu schaffen, indem man die Erde gegen Holzwände lehnt, oder ihr durch Faschinenlagen einige Sicherung giebt.

Am häufigsten wird bei starken Quellen die Handramme kräftig gebraucht, sie äussert aber nur in dem Falle eine günstige Wirkung, wenn die Quellen sich dicht unter der Oberfläche hinziehen. Liegen sie tiefer, so pflegt man auch wohl in der Längsrichtung des Deiches möglichst schnell einen Graben zu ziehen, um den Quell zu erreichen. Gelingt dieses, so wird der Graben schleunig wieder mit Mist gefüllt, und letzterer, sobald er hoch genug angeschüttet ist, fest angerammt. Dieses Mittel ist indessen

überaus gefährlich, weil der Bruch des Deiches eben durch das Aufgraben leicht veranlasst werden kann. In dem Cleveschen Deichreglement ist ein solches Verfahren unbedingt verboten.

Am sichersten ist es, bei bedenklichen Quellungen einen neuen Deich vor der innern Seite des alten an der bedrohten Stelle aufzuführen. Bei den beschränkten Hilfsmitteln, und der erforderlichen Eile kann freilich von einer regelmässigen Deichanlage nicht die Rede sein, aber dieser Schutzdeich, auch die Quell-Kahde genannt, ist dem Angriffe des Stromes, des Wellenschlages und des Eises vollständig entzogen, und hat nur den Druck des Wassers abzuhalten. Man bildet daher gemeinhin Erdschüttungen zwischen Holzwänden, wie Fangedämme, oder man wählt Constructionsarten aus Faschinen, wie bei Coupirungen, und selbst Säcke mit Sand und Erde gefüllt werden dabei verwendet. Wenn dieser Schutzdeich aber auch nicht die volle Deichhöhe erreicht, so spannt er doch das Wasser vor sich an, und vermindert dadurch den Druck gegen den Hauptdeich, so dass die Mittel zur Erhaltung des letzteren viel wirksamer werden. Auf diese Weise ist es mehrfach geglückt, Deiche zu halten, bei denen die Gefahr bereits sehr gross geworden war.

Endlich treten bei Deichen zuweilen noch andre Beschädigungen ein, die einen plötzlichen Bruch verursachen können, während kein Zeichen einer Gefahr ihnen vorausging. Dieses sind die sogenannten Kappstürzungen, die sich meist nicht bis zur Kappe oder Krone ausdehnen, und nur die äussern Dossirungen treffen. Sie entsprechen den gewöhnlichen Uferbrüchen und treten meist an solchen Stellen ein, wo der Deich unmittelbar an dem Flussufer liegt. Wenn letzteres zur Zeit des Hochwassers zurückweicht, so setzt sich der Bruch in der äussern Dossirung des Deiches fort, und es bildet sich eine ganz steile Erdwand, von der sich immer neue Massen lösen und herabstürzen, die aber sogleich vom Strome fortgetrieben werden. So lange diese Beschädigungen unter dem Wasserspiegel bleiben, so bemerkt man sie gar nicht, indem die feste Rasendecke das Nachsinken der dahinter liegenden Theile verhindert. Stürzt endlich der obere Theil der Dossirung oder wohl gar ein Theil der Kappe ein, so muss man durch Senklagen, oder auf andre Art der weitem Ausdehnung des Bruches Einhalt zu thun suchen.

Dieses ist aber bei dem hohen Wasserstande sehr schwierig, und gemeinhin ist alsdann der Deich auch bereits so sehr geschwächt, dass er bald nachgibt. Diese Kappatürzungen treten nicht selten erst ein, wenn das Wasser schon stark fällt, sowie auch alsdann die Uferbrüche nicht ungewöhnlich sind. Die Erde wird nämlich durch den Gegendruck des hohen Wassers noch gehalten, sobald dieses aber sinkt, so stürzt sie gleichfalls nach. In manchen Fällen sind Deiche, die während des Hochwassers gar keine Besorgniss erregten, nachdem dasselbe abgefallen, vollständig und zwar in der ganzen Breite ihre Krone versunken.

Wenn der Deichbruch erfolgt, oder in der einen oder andern Weise Erscheinungen eintreten, welche denselben als ganz sicher vorhersehn lassen, so werden die Alarm-Signale gegeben, um die Einwohner des Polders von der bevorstehenden Ueberfluthung zu benachrichtigen. Die Arbeiten der Deichvertheidigung hören alsdann auf, die ganze Mannschaft pflegt sich auch zu zerstreuen, indem ein Jeder noch vor dem Wasser seine Wohnung zu erreichen sich bemüht, um für die Seinigen und für sein Eigenthum soviel wie möglich sorgen zu können. Es fehlt daher gemeinhin in dieser Zeit an allen Kräften, und wenn Einzelne noch auf der Deichwache bleiben, so beschränkt man sich nur darauf, den Bruch nicht gar zu gross werden zu lassen, und die äussern Enden der Deiche mit Faschinenlagen zu bedecken.

Der heftige Strom, der durch den Durchbruch fällt, reist den Boden auf, und bildet darin einen Kolk, der bei grossen Strömen oft 50 Ruthen lang und eben soviel Fuss, auch wohl darüber tief ist. Derselbe liegt grossentheils auf der Landseite der frühern Deichlinie, doch pflegt er sich auch auswärts derselben etwas auszudehnen, so dass diese Linie durch ihn unterbrochen wird. Die ausgerissne Erde, der Sand und Kies verbreiten sich über die Niederung, und namentlich die nächst belegenen Fluren werden mehrere Fuss hoch damit bedeckt, so dass sie ihre Fruchtbarkeit vollständig verlieren, oder diese ihnen doch nur durch Abgraben des Sandes theilweise wieder gegeben werden kann. Der grösste Nachtheil eines Deichbruches pflegt in diesen Verwüstungen des Bodens zu bestehn. Ausserdem treten dabei auch manche andre Schäden ein, welche die Betheiligten allerdings sehr schwer treffen, die aber doch nur vorübergehend sind, und keine



bleibenden Folgen haben. Hierher gehört der Verlust der nächsten Ernte, wozu vielleicht auch der Verlust von einigem Viehe kommt. Die Wohnungen leiden etwas, und während der Ueberschwemmung werden die wirthschaftlichen Verhältnisse übermässig erschwert, oder ganz unterbrochen. Im Allgemeinen stellen sich diese Uebelstände jedoch nicht so gross heraus, als man vermuthen sollte. Wenn die Häuser auch so niedrig liegen, dass die gewöhnlichen Wohnräume mit Wasser angefüllt werden, so ist ein solcher Fall doch schon in der Einrichtung der Wirthschaft vorgesehen. Menschen und Vieh finden auf dem Dachboden ein Unterkommen, und wenn für das Vieh kein Futter vorhanden ist, so bietet das Strohdach einen nothdürftigen Ersatz. Der Polder wird bald nach dem Eintritt der Ueberschwemmung mit Kühnen befahren und Hülfe geleistet, wo es Noth thut; doch nur in augenscheinlicher Gefahr verlässt eine Familie ihr Wohnhaus. Die Häuser sind fast in allen Niederungen aus Holz erbaut, sie stehn daher, obwohl tief unter Wasser, doch fest, und leiden gemeinhin nur insofern, als die Oefen einstürzen. Grosse Eisschollen sind der gefährlichste Feind, doch ist es nicht ohne Beispiel, dass die Gebäude, wenn sie aus starken Blockwänden gezimmert waren, selbst ins Treiben kamen.

Die Entfernung des Wassers muss die nächste Sorge sein. Bei Poldern, die nicht tief liegen, und nur in geringer Längenausdehnung sich am Flusse hinziehen, geschieht dieses, sobald das Wasser im Strome zu sinken anfängt. Ein Theil fliesst durch den Bruch wieder zurück, den andern beseitigt man, indem man den Deich im untern Theile abgräbt. Die Entwässerungsschleuse ist in der Regel nicht weit genug, um grosse Massen abzuführen, auch würde sie selbst dabei leicht in Gefahr kommen.

Weit übler ist es, wenn der Deich sich auf grosse Länge am Strome hinzieht, und das eingedrungene Wasser, dem natürlichen Abhange des Thales folgend, im Binnenlande herabfliesst, ohne durch einen Querdeich aufgehalten zu werden. Es staut alsdann im untern Theile des Polders so hoch auf, dass es hier den Deich von der innern Seite überströmt, und durchbricht, wenn man nicht durch Abgrabung desselben dem Durchbruche zuvor kommt, und die Entwässerung an eine passende Stelle leitet. Als im Jahre 1829 der linkseitige Weichseldiich durchbrach, setzte



das Binnenwasser die Stadt Danzig in augenscheinliche Gefahr. Eine Ableitung desselben fand indessen Widerspruch, und es musste dem Zufalle überlassen bleiben, wo der Deich durchbrechen würde. Dieses geschah endlich neben der Rückförter Schanz und der Strom stürzte sich hier mit solcher Hestigkeit in die noch mit Eis bedeckte Weichsel, dass er sich sogleich auf das untern niedrige Ufer warf und dieses bis Weichselmünde verfolgte. Viele Häuser wurden daselbst zerstört, und zum zweiten Male kreuzte das Binnenwasser die Weichsel und ergoss sich vor Neufahrwasser in den Sasper-See, dem es eine weit geöffnete Mündung in die Ostsee gab.

In Fällen dieser Art, wo das Wasser einen Abfluss aus der Niederung findet, füllt die letztere sich nicht in kurzer Zeit vollständig an, worauf der Strom aufhört, sondern eine unhaltende Durchströmung tritt ein, die nicht nur die Verwüstungen außerordentlich vermehrt, sondern auch die Schliessung des Deiches sehr schwierig macht. Durch blosse Erdschüttungen kann dieselbe alsdann nicht erfolgen, man muss vielmehr, wie im offenen Strome, eine Coupirung aus Faschinen erbauen, und erst wenn diese geschlossen, oder die Durchströmung unterbrochen ist, kann man den Deich anschütten. Derselbe darf sich wohl an den Parkwerkbau anlehnen, jedoch nicht von demselben getragen werden, weil ihm alsdann die erforderliche Wasserdichtigkeit abgehen würde.

Wenn der Polder, in den das Hochwasser getreten ist, sehr niedrig liegt und einer natürlichen Entwässerung ganz entbehrt, so kann dessen Trockenlegung nicht anders, als mittelst der Schöpfmaschinen erfolgen. Selbst bei geringer Ausdehnung pflegt dieses vor dem Herbst nicht der Fall zu sein. Die ganze einjährige Nutzung der Fluren wird daher verloren, und bei grossen und tief liegenden Poldern dauert es mehrere Jahre, bis das Wasser daraus entfernt ist. Indem der Rasen alsdann aber vollständig abstirbt, so wird die Nutzung der Fluren auf noch längere Zeit unterbrochen.

Endlich entsteht noch die Frage, in welcher Art ein durchbrochener Deich wieder hergestellt werden soll. In seiner frühern Richtung liegt der tiefe Kolk, oder die Bracke, die sich landwärts weit ausdehnt, während sie sich gewöhnlich nur sehr wenig in das Vorland oder den Aussendeich fortsetzt.

Wiederherstellung des frühern Deiches oder die Durchschüttung Kolkcs, obwohl sie zuweilen gewählt werden muss, pflegt be-  
ers kostbar zu sein, auch ist dieselbe wegen der beider-  
gen grossen Tiefen in Bezug auf die Sicherheit des Deiches  
zu empfehlen. Am wohlfeilsten ist es, den Deich über das  
und um den Kolk herumzuziehen, und gemeinhin sind die  
eiligten hierzu auch am meisten geneigt. Man nennt eine  
e Anordnung eine Auslage, weil der Deich herausgelegt  
Dabei erhält jedoch der Deich, insofern er eine vorsprin-  
e Ecke bildet und die tiefe Wasserfläche hinter sich hat, eine  
gefährliche Lage. Ein andrer Uebelstand dieser Anordnung  
at noch darauf, dass der Kolk oder die Bracke, obwohl ein  
l des Sandes und Kieselcs hineingeworfen werden kann, doch  
als mit fruchtbarer Erde gefüllt wird und für ewige Zeiten  
os bleibt. Weit angemessner ist es daher, eine sogenannte  
lage zu machen, oder den neuen Deich auf der Landseite  
lie Bracke herumzuziehn. Der Deich wird dadurch allerdings  
länger und folglich auch kostbarer. Er erhält aber eine sehr  
nützte Lage, und der Kolk, der bei jeder Anschwellung des  
nes mit trübem Wasser angefüllt wird, verflacht sich nach  
nach und wächst endlich bis zur Thalsole an, worauf man  
Deich wieder in seine ursprüngliche Richtung verlegen, und  
ungedeichte Fläche in voller Ertragsfähigkeit wieder in den  
tz des Deiches bringen kann.

---

Ende des zweiten Theiles.

## Berichtigungen.

Seite 32	Zeile 16	statt Thorkammer	lies Schleusenka
- 35	- 20	- , da	- die
- 49	- 1	- oben	- aber
- 51	- 20	- Mitte	- Weite
- 56	- 23	- den Vorlagen	- dem Verlege
- 57	- 6	- dienen.	- dienen (Fig.
- 57	- 14	- Versetzung	- Versatzung
- 64	- 30	- Versetzung	- Versatzung
- 75	- 26	- schönen	- sichern
- 76	- 10	- Helme	- Holme
- 99	- 22	- Versatzung	- Versetzung
- 125	- 32	- Fig. 333 b	- Fig. 333 d
- 131	- 15	- dem	- der
- 152	- 7	- oben	- eben
- 155	- 11	- kugelförmigen	- kegelförmige
- 180	- 3	- bolzt	- benutzt
- 198	- 6	- Stelle	- Welle
- 277	- 28	- mehr	- nahe
- 308	- 37	- Auflager	- Auflager
- 312	- 23	- oben	- eben
- 376	- 35	- wenn	- woran
- 382	- 18	- Sons	- Tons
- 440	- 34	- bei	- bis
- 453	- 35	- Dymemometer	- Dynamomete
- 494	- 10	- 66,667	- 66 667
		die vier darunter stehenden Zahl gleicher Art zu berichtigen.	
- 497	- 19	- Betten	lies Thälern
- 497	- 38	- ungünstigere	- günstigere
- 523	- 14	- Vorbereitung	- Verbreitung
- 536	- 2	- 12,400	- 12 400
- 546	- 8	- Wasserlöser	- Wasserlöser
- 555	- 30	- hinübersteigende	- hinüberstürz
- 573	- 21	- den Treppenthüren	- dem Trepp
- 611	- 15	- Bemerkungen	- Bewegungen
- 647	- 13	- Rahmen	- Rahm
- 664	- 1	- Vazre	- Vazie
- 664	- 38	- Bramstangen	- Bramstenge
- 673	- 22	- die Worte „indem	man“ fallen
- 676	- 2	- Daches	- Decks
- 686	- 33	- vergessen	- vergossen
- 694	- 2	- 300	- 30
- 708	- 10	- Wasserstande	- Abstände
- 709	- 18	- 6	- 10
- 729	- 32	- Grabens	- Polders





1

.





